

Informe Final (E4):

Estudio de base y definición de proyectos piloto para un PROGRAMA NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN PARAGUAY

Preparado para:



<i>Versión</i>	<i>Fecha</i>
1ª	20 diciembre 2008

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de sus autores y no representa necesariamente la opinión del Banco Interamericano de Desarrollo, quién no acepta ninguna responsabilidad sobre su utilización.

PRESENTACIÓN

El presente Informe es el Informe Final de los servicios de Cooperación Técnica “Programa Nacional de Electrificación Rural de Paraguay” CT 1039.

Contiene los resultados de todas las actividades realizadas e integra los contenidos revisados de documentos anteriores.

Los trabajos realizados para este informe han sido dirigidos por el Ing. Xavier Vallvé. Los autores del informe son los Ing. Pol Arranz-Piera, Ing. Jean-Claude Pulfer, con la colaboración del Ing. Enrique Velo y las aportaciones del Lic. Jaume Serrasolses y Sr. Jorge Sneij.

CONTENIDO

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES.....	5
CUADRO DE ACTIVIDADES.....	7
1. INTRODUCCIÓN: PROBLEMÁTICAS EN LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DEL PARAGUAY	9
P1. FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO ADECUADO A LA POBLACIÓN NO ASENTADA EN CERCANÍAS A LA RED	9
P2. PRECARIEDAD Y PROBLEMAS EN GESTIÓN DENTRO DEL S.I.N - REDES DEL SISTEMA POR AUTO-AYUDA.....	9
2. ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE	10
2.1 RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS	10
2.2 PÉRDIDAS ELÉCTRICAS EN EL S.I.N.....	13
2.3 DATOS SOBRE RECURSOS DE ENERGÍA RENOVABLE	15
2.4 EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN ZONAS RURALES.....	16
2.5 CONCLUSIÓN: VALOR ESTIMATIVO DE LA COBERTURA ELÉCTRICA RURAL	22
2.6 ENTREVISTAS A ACTORES CLAVE DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO	22
2.7 ANTECEDENTES DE ELECTRIFICACIÓN RURAL AUTÓNOMA CON RENOVABLES EN EL PARAGUAY	24
2.8 PROYECTOS RELEVANTES EN CURSO EN EL PARAGUAY.....	27
3 POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES.....	28
3.1 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS RENOVABLES: SOLAR, HÍDRICO, EÓLICO Y BIOMASA.....	28
3.2 INVENTARIO DE RECURSOS RENOVABLES Y SU POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	31
3.3 CONCLUSIÓN	34
4 LINEAMIENTOS PARA UN PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (PNER) QUE INCLUYA TAMBIÉN LOS EMPAZAMIENTOS ALEJADOS DEL S.I.N.	35
4.1 ANÁLISIS INSTITUCIONAL – LISTADO DE ACTORES EN LA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN PARAGUAY	35
4.2 REVISIÓN DE LAS POLÍTICAS PARA LA PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y ANÁLISIS FODA.....	36
4.3 LA CLAVE DE LA SOSTENIBILIDAD ORGANIZATIVA: LA ENTIDAD OPERADORA DEL SERVICIO ELÉCTRICO.....	38
4.4 LA CLAVE DE LA SOSTENIBILIDAD FINANCIERA: ESTRUCTURA DE INGRESOS APROPIADA.....	38
4.5 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS ESTRATÉGICAS : RECOMENDACIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS	39
5 DESCRIPCIÓN DE TRES PROYECTOS PILOTO	43
5.1 PP1) MEJORA DE REDES – SISTEMA INTEGRAL DE TELEMEDIDA Y CORTE REMOTO	43
5.2 PP2) PROYECTO PILOTO DE GENERACIÓN DESCENTRALIZADA CON EERR EN NUEVA MESTRE	44
5.3 PP3) PROYECTO PILOTO DE GENERACIÓN DESCENTRALIZADA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN YACAC VASH..	47
5.4 RESUMEN DE LOS PRESUPUESTOS REFERENCIALES PARA LOS 3 PROYECTOS PILOTO DISEÑADOS	48
6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL DE REPLICACIÓN	49
6.1 PROYECTOS PARA MEJORA DE REDES.....	49
6.2 PROYECTOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA AUTÓNOMA CON ENERGÍAS RENOVABLES	49
7 BIBLIOGRAFÍA.....	51

ANEXOS

1. Resumen de recomendaciones y propuesta de planificación
2. Mapas de recursos energéticos renovables
3. Definición de roles y responsabilidades dentro de un programa de electrificación rural
4. Ejemplo de Criterio para una estructura tarifaria adaptada al servicio eléctrico rural descentralizado
5. Fortalecimiento institucional y capacitación de actores clave
6. Proyectos piloto diseñados:
 - 6.1. Mejora de redes – sistema de telemedida en Jhuguá Rey
 - o Memoria
 - o Planos
 - 6.2. Generación descentralizada biomasa híbrida en Nueva Mestre
 - o Memoria
 - o Planos
 - o Comparativo de gasificadores comerciales
 - o Estudio de simulación computerizada
 - 6.3. Generación solar descentralizada en Yacac Vash
 - o Memoria
 - o Planos

ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

Institucionales

ACEPAR: Aceros del Paraguay (compañía privada)

ANDE: Administración Nacional de Electricidad

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Paraguay

DGEEC: Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos

EPH: Encuesta Permanente de Hogares

INDERT: Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra

INDI: Instituto Paraguayo del Indígena

INTN: Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología

IREC: Interstate Renewable Energy Council de E.E.U.U.

ISPQ: Institute for Sustainable Power Quality (Internacional)

MOPC: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

MERCOSUR: Mercado Común del Sur

NABCEP North American Board of Certified Energy Practitioners de E.E.U.U.

NASA: Agencia Norteamericana del Espacio y de la Aeronáutica

OEA: Organización de Estados Americanos

OLADE: Organización Latinoamericana de Energía

ONG: Organización No Gubernamental

PNUD: Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo

STP: Secretaría Técnica de Planificación del Paraguay

VMME: Viceministerio de Minas y Energía, que es una Subsecretaría del MOPC

Técnicas

ACS: Agua caliente sanitaria

BT: Baja tensión

CA: Corriente alterna

CC: Corriente continua

EERR: Energías Renovables

EDA: Energía a disposición diaria asegurada: Concepto de tarifa plana o convenida que se basa en que el cliente dispone de una cantidad de energía diaria

Equipo Individual: Micro-planta de generación que abastece a un único punto de consumo o acometida, típicamente a partir de una fuente energética única

ESF: Energía solar fotovoltaica

FV: Fotovoltaico / a

I+D: Investigación y Desarrollo

MT: Media tensión

Batería: Dos o más acumuladores electroquímicos de energía eléctrica en la que los electrodos están formados, en su mayor parte, por plomo y el electrolito es una solución de ácido sulfúrico.

Ondulador: Dispositivo electrónico que convierte electricidad en c.c. a electricidad en c.a. Impropiamente llamado inversor.

Microrred: Conjunto autónomo de instalaciones de menos de 100 kVA de potencia destinadas a la generación y distribución de electricidad para abastecer varias instalaciones receptoras. Habitualmente el tendido es a baja tensión.

Microplanta fotovoltaica: Instalación destinada a la producción de energía eléctrica que incluye obras civiles y equipos de conversión fotovoltaica, conversión eléctrica, acumulación y aparellaje asociado.

Planificación y servicio eléctrico

Beneficiario: Persona que hace uso de las instalaciones eléctricas

CAE: Coste actualizado específico, habitualmente expresado en USD/kWh

G&O&M: Gestión, Operación y Mantenimiento

Operador del servicio eléctrico: Organización, entidad o empresa a cargo de la operación, gestión y mantenimiento del servicio

PDER: Plan de Desarrollo de Energías Renovables (en estudio)

PESE: Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay 2005-2013

PNER: Plan Nacional de Electrificación Rural de Paraguay (en estudio)

Promoción de usuario o de abajo-arriba (bottom-up): Mecanismo de promoción dónde los impulsores son los beneficiarios

Promoción institucional o de arriba-abajo (top-down): Mecanismo de promoción dónde los impulsores son instituciones reguladoras o gubernamentales

Propietario: Organización, entidad o persona a quien pertenece las infraestructuras de generación y, si corresponde, de distribución

S.I.N: Sistema Interconectado Nacional

Usuario: Persona, familia u organización que se beneficia del servicio eléctrico para satisfacer su demanda energética. En caso de microrredes, casa usuario recibe una acometida y es cliente del servicio.

CUADRO DE ACTIVIDADES

El desarrollo del trabajo se ha realizado siguiendo las actividades básicas requeridas en los términos de referencia pero centrado en las necesidades específicas identificadas en las reuniones de trabajo realizadas durante la consultoría. Se ha realizado además una actividad general de coordinación:

Actividades
A. Actualización de la información de base para un programa PNER
B. Determinación del potencial de generación eléctrica con Energías Renovables
C. Elaboración de guías para el Plan de Desarrollo de Energía Renovable (PDER)
D. Propuestas de base para un Programa Nacional de Electrificación Rural (PNER)
Preparación de informes y productos

La figura 1 muestra el diagrama de flujo del plan de trabajo ejecutado. El presente informe es el cuarto y último producto entregable (E4), Informe Final.

1. INTRODUCCIÓN: PROBLEMÁTICAS EN LA ELECTRIFICACIÓN RURAL DEL PARAGUAY

En la actualidad, la República del Paraguay es un exportador neto de energía eléctrica generada por las hidroeléctricas de Acaray (210MW) y los proyectos binacionales de *Itaipú* con Brasil (6.300 MW) y *Yacyretá* con Argentina (850 MW), y transportada y distribuida mediante el sistema interconectado nacional (S.I.N.).

Se estima que el 89% de su población (78% de considerarse únicamente su población rural) tiene acceso a la energía eléctrica. Sin embargo, es a escala regional donde se presentan las mayores diferencias. La zona oriental del Paraguay es la más densamente poblada, y la que tiene mejores índices de cobertura eléctrica. En la zona occidental (que incluye la zona del Chaco y donde habita el 10% de la población), se estima que la mitad de la población sigue sin acceso al servicio.

Por otro lado, dentro del S.I.N, se estima que en el país existen más de 18.000 Km. de líneas que fueron construidas en los años 90 (bajo el programa de auto ayuda), cuyo estado es muy precario y que presentan un nivel tanto de riesgos como de pérdidas (técnicas y no técnicas) muy elevado.

La Cooperación Técnica que se describe en este informe se ha centrado en el análisis de dos problemáticas identificadas:

P1. Falta de suministro eléctrico adecuado a la población no asentada en cercanías a la red

A finales de 2007, se estima que entre 45.000 y 50.000 hogares rurales siguen sin servicio eléctrico, de los cuáles más del 80% se ubican en zonas alejadas del S.I.N.

Hasta la fecha ha habido solo algunas experiencias institucionales en electrificación autónoma, p.ej.:

- Comunidades de Nueva Mestre, Bahía Negra, dónde la empresa eléctrica nacional ANDE opera sistemas en microrred con generación con grupos electrógenos. De estas experiencias se identifican la siguientes dificultades:
 - Calidad técnica limitada, servicio eléctrico restringido a 10-12 h/día.
 - Aprovisionamiento de combustible difícil en época lluvias.
 - Realización de lecturas de medidores y cobranza tarifas según los procedimientos estándares para clientes dentro de S.I.N.
- Comunidades indígenas, dónde el INTN y otras entidades (independientes) han promovido proyectos piloto de introducción de equipos FV individuales para habilitar usos comunitarios y pequeños usos productivos. No obstante, en estas experiencias existen limitaciones, como:
 - Limitaciones técnicas (sólo consumos en CC, potencia y aplicaciones limitadas)
 - Sostenibilidad frágil a medio y largo plazo, dado que no hay entidad operadora del servicio eléctrico ni un modelo financiero sólido.

P2. Precariedad y problemas en gestión dentro del S.I.N - redes del sistema por auto-ayuda

A finales de 2007, se estima que existen más de 400.000 acometidas rurales en todo el país, la mayoría de ellas alimentadas por redes que actualmente presentan problemas en términos de:

- Pérdidas energéticas no técnicas muy elevadas, pudiendo llegar al 30%.
- Alto número de conexiones directas, sin medidor

Consumos generalmente pequeños, y en ubicaciones alejadas y dispersas, por lo que los procedimientos de lecturas y cobranzas estándares resultan poco eficaces para este tipo de acometidas.

2. ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE BASE

2.1 Recopilación de documentación y estudios previos

La tarea de recopilación de la información de base necesaria se inició durante la misión en Paraguay en la que han participado todos los especialistas clave del equipo y se completó con la participación del equipo local.

Marco regulatorio:

Entre las disposiciones regulatorios que pueden ser relevantes para la electrificación rural cabe mencionar los siguientes:

- Ley N° 966/64 que crea la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) como ente autárquico y establece su Carta Orgánica
- Ley N° 422/73 forestal
- Ley N° 976/82 por la cual se amplía la Ley N° 966/64 que crea la Administración Nacional de Electricidad (ANDE)
- Ley N° 167/93 que establece la estructura orgánica y funciones del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones MOPC
- Ley N° 536/95 del fomento a la forestación y reforestación
- Ley N° 2501/04 que amplía la tarifa social de energía eléctrica¹
- Ley N° 2524/04 de prohibición en la Región Oriental de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques²
- Administración Nacional de Electricidad: Pliego de tarifas N° 20 (2005)
- Ley N° 2748/05 de fomento de los agrocombustibles
- Ley N° 3009/06 de la Producción y Transporte Independiente de Energía Eléctrica
- Ley N° 3239/07 de los recursos hídricos del Paraguay
- Ley N° 3464/08 que crea el Instituto Forestal Nacional INFONA

La Ley N° 966/64 es la Carta Orgánica de la Administración Nacional de Electricidad ANDE un ente autárquico del Estado paraguayo. En su Art. 64 se establece, que la *“ANDE tendrá la exclusividad del abastecimiento público de energía eléctrica y alumbrado en todo el territorio de la República.”* El Art. 66 relativiza la mencionada exclusividad en los siguientes términos: *“Con el voto afirmativo de por lo menos cuatro de los miembros del Consejo de Administración, ANDE podrá delegar sus derechos exclusivos a otras empresas para atender el abastecimiento de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público, en aquellas poblaciones no servidas por ANDE. Esta delegación se hará por contrato, ad referendum del Poder Legislativo.”* El Art. 96 establece la obligatoriedad del servicio: *“ANDE está obligada a suministrar el servicio de energía eléctrica a quien lo solicite, siempre que la capacidad y características de sus instalaciones de abastecimiento lo permitan, y se cumplan, en cada caso, las condiciones señaladas en los artículos siguientes de este Capítulo.”*

La Ley N° 422/73 declara que el aprovechamiento y manejo de los bosques y tierras forestales del país sean de interés público. Como órgano estatal encargado del sector forestal se crea el Servicio Forestal Nacional SNF, que depende del Ministerio de Agricultura y Ganadería. La ley establece la tipología de los bosques y los mecanismos legales para su aprovechamiento.

En la Ley N° 976/82 se establecen las zonas de seguridad y servicio para las líneas de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

¹ La Ley N° 2501/2004 se encuentra en proceso de revisión. Cuenta con la sanción de ambas cámaras del Congreso Nacional, pero aún no ha sido promulgada por el Poder Ejecutivo. La nueva ley tendrá como objeto de ampliar aún más los límites de consumo de electricidad para beneficiarse de la tarifa social. Establecerá un descuento del 75% sobre la tarifa establecida por la ANDE para consumos de hasta 100 kWh/mes, 50% de 101 a 200 kWh/mes y 25% de 201 a 300 kWh/mes.

² La Ley N° 25/24/2004 fue prorrogada hasta fines de 2008 mediante la Ley N° 3139/2006.

En la Ley N° 167/93 en su capítulo VII se establecen la estructura y las funciones del Viceministerio de Minas y Energía VMME como Subsecretaría del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones MOPC, y regula la relación de ANDE con el VMME.

Gracias a la Ley N° 536/95 los propietarios de tierras declaradas de prioridad forestal reciben para forestaciones y reforestaciones una bonificación del 75% sobre los costos de implantación y del mantenimiento durante los 3 primeros años.

La Ley N° 2501/04 establece nuevos límites para la tarifa social de la energía eléctrica a favor de usuarios de escasos recursos. Prevé un descuento del 75% para consumos mensuales hasta 75 kWh y un descuento del 50% para consumos hasta 150 kWh/mes.

La Ley N° 2524/04 más conocida por el nombre “de deforestación cero” tiene como objetivo principal de proteger de la deforestación los últimos remanentes del bosque atlántico del Alto Paraná en Paraguay. Como dice su nombre oficial, su vigencia se limita a la Región Oriental. Permite solamente la explotación sustentable de los bosques, pero no su transformación, ni su conversión en tierras destinadas a actividades agropecuarias o para asentamientos humanos. La ley tuvo un plazo limitado a dos años, pero fue prorrogada en 2006 hasta fines de 2008.

El pliego de las tarifas N° 20 de ANDE del año 2005 establece las tarifas para la energía eléctrica comercializada por la ANDE para las distintas categorías de usuarios y de energía. En su capítulo 3 figuran las definiciones de todos los términos utilizados en el pliego. Luego en el capítulo 4 se establecen las condiciones generales y finalmente el tarifario en el capítulo 5.

La Ley N° 2748/05 establece que los productores de agrocombustibles gozan de beneficios impositivos regulados por las Leyes N° 60/90 y 2421/04. Declara además la obligatoriedad para la mezcla de los agrocombustibles con los combustibles líquidos convencionales en porcentajes a ser establecidos por el Ministerio de Industria y Comercio MIC tomando en cuenta la producción efectiva en el país.

La Ley N° 3009/06 constituye un complemento a la Ley N° 966/64. Tiene como objeto de regir las *“actividades de la producción independiente de energía eléctrica, incluyendo la cogeneración o autogeneración eléctrica.”*(Art. 2). En su Art. 5 se establece, que *“La producción independiente de energía eléctrica a partir de la utilización de gas natural, energía eólica, energía solar, utilización de biomasa, célula de combustible, bío diesel o cualquier otra forma de energía no convencional, incluyendo la Generación Hidroeléctrica Menor pero excluyendo la Generación Hidroeléctrica Hidráulica superior a 2 MW, requerirá de una Licencia otorgada por la Autoridad de Aplicación.”*

La Ley N° 3239/07 declara todos los recursos hídricos superficiales y subterráneos como bien del dominio del Estado. Su manejo deberá estar basado en el Plan Nacional de Recursos Hídricos. El uso de un recurso hídrico, incluyendo para la generación de energía, requiere de una concesión o permiso, a la excepción de los usos a fines domésticos y de producción familiar básica.

La Ley N° 3464/08 tiene como principal objetivo de crear en sustituto del Servicio Forestal Nacional, cuyo funcionamiento fue muy cuestionado desde hace años debido a la corrupción reinante en su interior, una nueva entidad estatal a cargo del sector forestal denominado Instituto Forestal Nacional INFONA, que sea autárquica. Su principal objetivo es acorde al art. 4 *“la administración, promoción y desarrollo sostenible de los recursos forestales del país, en cuanto a su defensa, mejoramiento, ampliación y racional utilización”*.

Además del sistema regulatorio vigente es de importancia mencionar la existencia del “Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay 2004-2013”, que fue elaborado en 2004 por las empresas consultoras españolas NIPSA y Masons Buxeda Menchén. Dicho Plan contempla una línea de actuación llamada “Modernización del Sector de la Electricidad” y otra llamada “Introducción de Energías Renovables”, dentro las cuales cabe el presente estudio como acción concreta, especialmente en la segunda. Sus objetivos mencionados en el estudio son precisamente:

- Mayor diversificación con fuentes de energía autóctonas, lo que implica reducir la dependencia y vulnerabilidad energéticas;
- Aumentar la cobertura energética geográfica y poblacional;
- Limitar el impacto medioambiental del uso de la energía potenciando, además, el carácter sostenible del sistema energético del Paraguay.

Estudios sobre electrificación rural:

En los últimos años se han realizado varios estudios sobre el tema de la electrificación rural en Paraguay. Cabe destacar los siguientes:

1. Sergio Von Horoch Consultores: Country Study: Paraguay, Informe País – Evaluación, APPLIMAR Project, European Commission (1998)
2. Ricardo Jahns: Energía Renovable para la Electrificación Rural Descentralizada, Proyecto PAR/00/G41, GEF/PNUD (2002)
3. Jean-Claude Pulfer: Diagnóstico del Sector Energético en el Área Rural del Paraguay, Proyecto Electrificación Rural, OLADE/UC/CIDA (2005)

De estos estudios, sólo el último promovió la realización de proyectos de demostración en el ámbito de la electrificación rural.

El primero se realizó para el Proyecto APPLIMAR en el marco del Programa THERMIE B de la Comisión Europea y tuvo como objetivo de plantear un “Proyecto de Electrificación Rural Descentralizada a Gran Escala” para cubrir la demanda eléctrica aún no satisfecha en ese entonces en todo el país aplicando distintas tecnologías acorde a la región, es decir energía fotovoltaica, microhidráulica y generadores diesel. El estudio analiza los aspectos técnicos, económicos, organizativos y regulatorios.

El segundo estudio se realizó por el PNUD en Paraguay con el principal objetivo de sustituir gases a efecto invernadero generados por la quema de combustibles fósiles en zonas no cubiertas por la ANDE para la generación de energía eléctrica y la iluminación domiciliar mediante la electrificación rural descentralizada con energías renovables, un proyecto a gran escala a ser financiado por el GEF en el marco de la lucha global contra el cambio climático. El proyecto que se propuso era de carácter demostrativo con el objeto de impulsar el mercado de las energías renovables en el Paraguay beneficiando a 7500 viviendas rurales correspondiente al entonces 5% del potencial mercado de electrificación rural descentralizada. Preveía la utilización de distintas tecnologías para la electrificación acorde a la región del país (solar FV, solar FV-eólico, microhidro). El proyecto se subdividía en 8 componentes:

- Adecuación del Marco Legal, Reglamentario e Institucional para la promoción de las tecnologías renovables alternativas en la electrificación rural descentralizada
- Programa de Formación y Capacitación
- Campañas de Educación y Divulgación
- Programa de Capacitación Financiera
- Programa de Implementación de Proyectos Piloto
- Programa de creación de Normas y procedimientos de certificación
- Fondo de Garantía para proyectos de electrificación rural descentralizada con Fuentes Renovables de Energía
- Programa de Monitoreo y Disseminación de la experiencia

Tanto el primero como el segundo proyecto no lograron a ser realizados, probablemente por ser demasiado ambiciosos y por requerir una gran cantidad de recursos financieros por parte del Estado, que en su momento no estaban disponibles. Sin embargo, los estudios correspondientes brindaron una gran cantidad de información sobre la electrificación rural, a pesar que en algunos aspectos dicha información ya es obsoleta y ya no refleja la realidad actual, especialmente referente a la cobertura de la electrificación rural y los costes.

El tercero de los mencionados estudios fue realizado en el marco de un proyecto de electrificación rural en 4 países de América Latina, entre ellos Paraguay, proyecto impulsado por la Organización Latinoamericana de Energía OLADE con el apoyo de la Universidad de Calgary de Canadá y el financiamiento de la Agencia Canadiense de Cooperación Internacional (CIDA por sus siglas en inglés).

Tiene como principal objetivo implementar para cada país beneficiario un proyecto de inversión de carácter productivo y social teniendo un fuerte componente energético beneficiando especialmente a pueblos indígenas y mujeres. Dicha inversión es financiada mediante un capital semilla de US\$ 60,000, que los beneficiarios deberán devolver a un fondo rotatorio para permitir el financiamiento de otros proyectos similares en el respectivo país. En Paraguay el proyecto de inversión se encuentra actualmente en su fase de implementación en la comunidad indígena La Patria ubicada en el Distrito de Puerto Pinasco, Departamento de Presidente Hayes.

Una de las fuentes de información más importantes sobre la evolución y el estado de la electrificación rural en cuanto a su distribución espacial en el Paraguay son los Censos Nacionales, que se realizan cada 10 años por la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos DGEEC. El último que se realizó data del año 2002. Todos los datos son publicados por distrito político y son discriminados por zona urbana y zona rural. El indicador más relevante para el presente estudio se refiere a la cantidad de viviendas rurales que cuentan con energía eléctrica en relación a la cantidad total de viviendas. Sin embargo, cabe mencionar que no se especifica de cual fuente proviene la electricidad, es decir si es de la red eléctrica de ANDE o de una fuente propia, que en su gran mayoría son grupos electrógenos con motor diesel.

Puesto que los datos del Censo Nacional del 2002 ya están parcialmente obsoletos, es necesario realizar una actualización. Para el efecto se recurrió a datos proveniente de la propia ANDE. Sus balances y memorias publicadas anualmente contienen la cantidad de nuevas líneas eléctricas construidas y la cantidad de nuevos clientes conectados. El último balance es del año 2007. Otra fuente de información representa la Encuesta Permanente del Hogar EPH que la DGEEC realiza cada año en unas 6000 hogares de todo el país, representando a penas el 0,5% de la cantidad total de hogares del país. Los Departamentos de Boquerón y Alto Paraguay no figuran en dicha encuesta. Pero dichos resultados están disponibles solamente a nivel del país y de los Departamentos de mayor población y aún así su margen de error es relativamente elevado debido al muestreo tan bajo. La última EPH publicada se refiere al año 2007.

2.2 Pérdidas eléctricas en el S.I.N

Estimaciones del sector elevan la cifra de pérdidas energéticas totales al orden del 33% en el conjunto del S.I.N, incluyendo pérdidas técnicas y “no técnicas”. Las pérdidas técnicas se deben principalmente a la baja calidad de muchas de las redes extendidas bajo el sistema de autoayuda, mientras que las “no técnicas” tienen su causa principal en un elevado número de conexiones directas (sin medidor), es decir, no sujetas a control ni cobro por parte de ANDE. Se calcula que hay 18.000 kms de redes hechas por sistema de autoayuda, pero no están todas censadas.

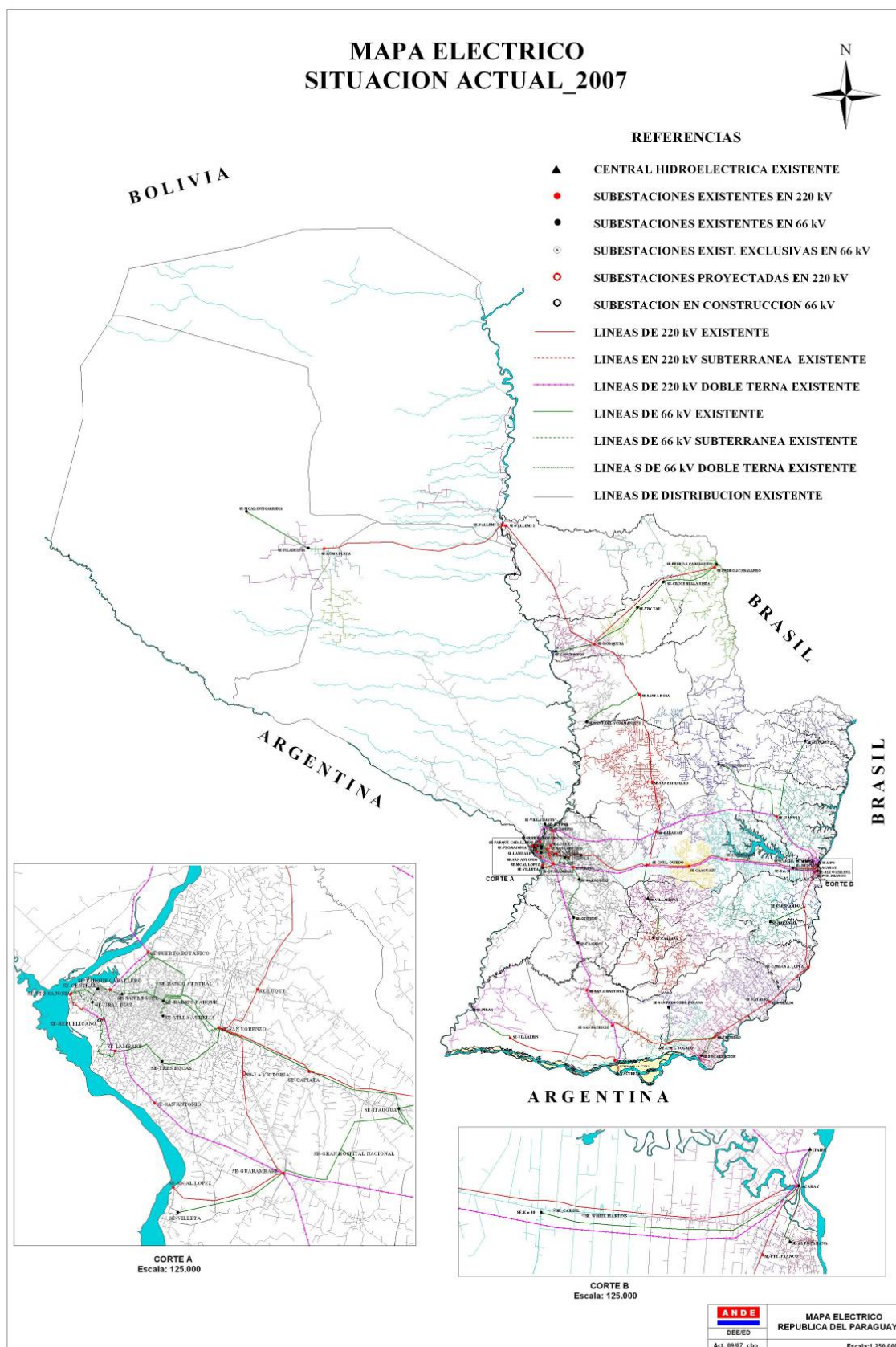


Figura 2: Mapa del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de transporte y distribución eléctrica en el Paraguay – año 2007 (fuente: ANDE)

2.3 Datos sobre recursos de energía renovable

Radiación solar

El INTN publicó en 1994 un estudio denominado “ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY”, en el cual se presentan las estadísticas de mediciones de la radiación global en 14 estaciones meteorológicas de todo el país. Los resultados son presentados en forma de una tabla, donde figuran los promedios mensuales de la radiación global diaria para cada estación y 2 mapas del país y sus alrededores con la distribución espacial de este mismo parámetro para los meses de enero y julio.

En 2003 Jaime B. A. Moragues presentó un informe denominado “ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL RECURSO SOLAR EN LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY” realizado en el marco del “Proyecto: Energización de Centros Comunitarios Rurales” para la OEA. En este estudio se comparan los resultados de estudios anteriores con los datos obtenidos a través del sistema de observación espacial GEOS-1 de la NASA. Los resultados se presentan en forma de mapas de distribución de la radiación solar global de los 12 meses del año para Paraguay, Argentina y Brasil.

La NASA publica a través del “Atmospheric Science Data Center” en el sitio web denominado “Surface meteorology and solar energy” (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>) una serie de datos meteorológicos de toda la superficie terrestre que han sido obtenidos por mediciones satelitales del sistema de observación GEOS (Goddard Earth Observing System). Los datos están disponibles como promedios de una serie larga de años en una cuadrícula de 1° de longitud por 1° de latitud. Los datos relacionados con la radiación solar son múltiples. Para los promedios mensuales y anuales de la radiación global se puede acceder también a mapas, cuya extensión es elegible, con la distribución espacial de los datos.

Recurso eólico

El INTN publicó en 1997 un estudio denominado “EL RECURSO EÓLICO EN PARAGUAY”, en el cual se presentan las estadísticas de medición de velocidades y direcciones de viento de 29 estaciones meteorológicas de todo el país. Los resultados se presentan en tablas por cada estación mostrando los siguientes parámetros: estadísticas mensuales y anuales de velocidad, frecuencias porcentuales por rangos de velocidad, energía eólica mensual y anual y frecuencias absolutas por direcciones y rangos de velocidad. La altura de los anemómetros varía según la estación entre 7 y 14 m, pero la mayoría se encuentra a 10 m de altura. Sobre la base de los mencionados datos y de datos de estaciones en los países vecinos se elaboró un mapa de la energía media anual y de los meses de enero y julio a 10 m de altura.

En 2003 Héctor Fernando Mattio presentó el informe denominado “EVALUACIÓN ACTUALIZADA DEL RECURSO DISPONIBLE” dentro del producto “Evaluación de las posibilidades del recurso eólico en la región para aportar a un sistema híbrido” realizado en Argentina, Paraguay y Uruguay en el marco del “Proyecto: Energización de Centros Comunitarios Rurales” para la OEA. En este estudio se comparan los resultados del estudio anterior con los datos obtenidos a través del satélite GEOS-1. Además, se presentan los resultados del dimensionamiento de sistemas híbridos eólico-solar mediante la simulación utilizando el software HOMER para 2 sitios específicos del Paraguay, a saber Yacac Vash en el Departamento de Boquerón y Punto Diamante en el Departamento de Ñeembucú.

En el ya mencionado sitio de la NASA se dispone de distintos datos relacionados con el viento. Para los promedios mensuales y anuales de la velocidad del viento a 50 m de altura se puede acceder también a mapas, cuya extensión es elegible, con la distribución espacial de los datos.

Recurso hidro para aprovechamientos de pequeña potencia

Sobre el potencial energético de los cauces superficiales de agua en Paraguay existen muy pocos datos fuera de los referentes a los dos principales ríos del país, a saber los ríos Paraná y Paraguay. La empresa consultora alemana DBEnvironment elaboró en el año 1998 para el BID “EL ESTUDIO DEL MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN PARAGUAY, Informes PTR1: Diagnóstico de la Situación Actual de los Recursos Hídricos en Paraguay”. En el mismo se encuentran recopilados y evaluados datos provenientes de distintas fuentes sobre la fluviometría de los principales cauces de agua.

Biomasa

A pesar del importante papel que juega la biomasa como fuente de energía primaria en el Paraguay, en el anexo dedicado a *estudios de prefactibilidad de los proyectos de energía renovable para la electrificación rural descentralizada*, el estudio de Ricardo Jahns (Proyecto PAR/00/G41, GEF/PNUD, 2002) afirma lo siguiente: “La biomasa es un caso especial. No existen datos de ningún tipo que permitan cuantificar y estimar aunque sea de manera grosera el valor y la distribución del recurso”.

En Paraguay el sector forestal ha estado a cargo del Servicio Forestal Nacional SFN dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería hasta la creación del INSTITUTO FORESTAL NACIONAL – INFONA por la LEY N° 3464 y como entidad autárquica y descentralizada. En el futuro, el INFONA será el órgano de aplicación de la Ley N° 422/73 “FORESTAL”, de la Ley N° 536/95 “DE FOMENTO A LA FORESTACION Y REFORESTACION”, y las demás normas legales relacionadas al sector forestal.

Anualmente se publican estadísticas con datos sobre distintos aspectos del sector. Los datos de la distribución por departamentos de los bosques cultivados se han tomado de los datos estadísticos “EL SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL EN CIFRAS” Año 2007 (MAG-DGP, 2007). Otra importante fuente sobre la situación del sector forestal y específicamente relacionado con los aspectos energéticos de la biomasa de origen forestal es el estudio “HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA EFECTIVIDAD DEL MERCADO DE COMBUSTIBLES DE MADERA EN LA ECONOMÍA RURAL” realizado por la empresa consultora austriaca “Mautner Markhoff Consulting” en el año 2007 (Markhoff, 2007).

Otro de los recursos de biomasa disponibles para la electrificación rural son los residuos de cosecha. En este ámbito, y en lo referente a la producción agrícola y su distribución por departamentos, se han tomado como referencia los datos estadísticos publicados en “EL SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL EN CIFRAS” Año 2007 (MAG-DGP, 2007) por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Planificación. Los datos sobre residuos de cosecha quemados en el campo se han tomado del INFORME FINAL PARA EL PROYECTO PAR/98/G31, PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO.

En el ámbito de los agrocombustibles, que también podrían tener una importancia para la electrificación rural descentralizada con EERR, utilizamos como principal referencia el estudio publicado en 2007 por el IICA con el título “EL ESTADO DE ARTE DE LOS AGROCOMBUSTIBLES EN EL PARAGUAY”. Los datos de producción de agroetanol y de demanda de agrodiesel se han tomado de Markhoff (2007) y de PETROPAR.

En cuanto al biogás producido por digestión anaerobia, Markhoff (2007) afirma que el biogás “actualmente no juega ningún rol en Paraguay”. Por otro lado, la demanda elevada de agua para elaboración del sustrato, el requerimiento de contar con ganado estabulado y el improbable uso del biogás generado, son factores que desaconsejan el uso de esta tecnología, sobre todo para electrificación rural y en zonas como el Chaco. Por todo ello, no se ha incluido en el estudio de recursos.

2.4 Evolución de la cobertura del servicio eléctrico en zonas rurales

La electrificación rural vivió un avance enorme durante los últimos 35 años. Según datos de la DGEEC en 1972 solamente el 1,2% de las viviendas rurales de todo el país contaban con algún tipo de servicio eléctrico. En 1982 la cobertura era del 8,0%, 10 años después ya alcanzó el 19,6% y en 2002 un valor de 77,8%. La siguiente tabla y su correspondiente curva de crecimiento muestran los datos en detalle entre 1972 y 2002. En el gráfico se puede ver claramente, que el mayor crecimiento se produjo entre los años 1992 y 2002, que coincide con el periodo en el cual el programa de electrificación rural por el sistema por autoayuda tuvo su mayor importancia realizado bajo el programa de ANDE “Plan Nacional de Electrificación: Ningún Paraguayo en Oscuras en el Año 2000” lanzado en 1993. Los datos de los censos nacionales indican no solo las viviendas que tengan conexión al servicio de ANDE, sino incluyen también las que cuentan con electricidad de otras fuentes, que en la mayoría de los casos son grupos electrógenos con motores diesel y en algunos pocos casos paneles solares fotovoltaicos y/o generadores eólicos. Sin embargo, se trata de cantidades relativamente pequeñas.

año	total viviendas rurales	viviendas rurales con electricidad	% viviendas rurales con electricidad
1972	255.984	3.065	1,2%
1982	313.292	25.118	8,0%
1992	439.471	94.292	19,6%
2002	453.940	353.164	77,8%

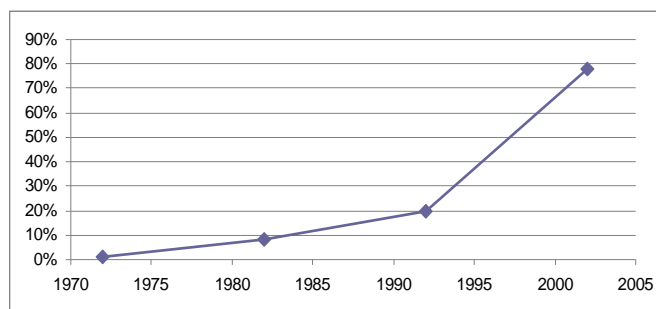


Tabla 1: Evolución de la cantidad de viviendas rurales con electricidad 1972 a 2002
(fuente: DGEEC, elaboración propia)

En 2002, el año del último censo nacional, hubo entonces todavía 100.776 viviendas sin electricidad en Paraguay afectando a una población de casi 500.000 personas. En la siguiente tabla se puede ver la evolución de la cobertura del servicio eléctrico en zonas rurales a nivel departamental durante los 10 años entre 1992 y 2002.

Analizando los datos se nota una gran divergencia de los valores entre las dos regiones del país por un lado y entre los distintos departamentos por otro lado. La región oriental con el 97% de la población del país vivió una disminución de las viviendas rurales sin electricidad de 78,6% a 21,0%. En la región occidental en cambio dicha disminución era solamente de 78,1% a 53,0%. Este hecho se puede explicar mediante la baja densidad poblacional de solo 0,55 hab./km² en esa región del país, lo que hace que la electrificación de esa población tan dispersa sea muy costosa.

Departamento/ Región	1.992			2.002			% avance viv. rur. electrif. 1992 a 2002
	% viviendas rurales no electrificadas	viviendas rurales no electrificadas	habitantes sin electricidad	% viviendas rurales no electrificadas	viviendas rurales no electrificadas	habitantes sin electricidad	
Concepción	97,1	20.420	107.978	33,4	6.866	36.364	66,4
San Pedro	88,1	43.072	213.753	22,4	11.265	58.756	73,8
Cordillera	74,4	22.614	102.174	13,8	4.598	21.317	79,7
Guairá	85,4	20.739	97.912	13,8	3.299	16.110	84,1
Caaguazú	95,0	50.041	252.805	21,1	12.029	63.647	76,0
Caazapá	95,0	23.743	107.036	26,9	6.097	30.545	74,3
Itapúa	89,1	48.451	237.801	18,9	11.998	60.042	75,2
Misiones	87,9	8.433	39.415	20,0	2.233	10.256	73,5
Paraguarí	79,0	28.030	129.545	18,3	6.747	31.475	75,9
Alto Paraná	84,7	33.353	149.337	18,0	7.080	33.900	78,8
Central	12,0	4.829	21.297	7,1	2.820	13.295	41,6
Ñeembucú	94,9	8.634	36.427	36,4	3.380	13.592	60,9
Amambay	92,5	7.828	34.238	55,6	4.400	20.486	43,8
Canindeyú	95,1	20.815	82.136	42,1	8.918	43.702	57,2
Región Oriental	80,5	341.002	1.602.075	21,0	91.730	452.057	73,1
Presidente Hayes	83,4	7.728	35.788	49,9	5.516	24.915	28,6
Boquerón	61,2	3.043	14.018	62,6	3.075	15.167	-1,1
Alto Paraguay	97,9	1.727	7.410	40,6	455	2.468	73,7
Región Occidental	78,1	12.498	57.314	53,0	9.046	42.479	27,6
País	80,4	353.500	1.659.348	22,2	100.776	495.756	71,5

Tabla 2: Evolución de la electrificación rural por Departamento entre 1992 y 2002 (fuente: DGEEC, elaboración propia)

Los departamentos con el mayor avance (más de 75% de disminución de las viviendas rurales sin electricidad) en 10 años fueron en orden decreciente del porcentaje: Guairá, Cordillera, Alto Paraná, Caaguazú y Itapúa. Los tres últimos son de los más poblados y al mismo tiempo de los más productivos del país, principalmente en el sector agropecuario.

Los departamentos con el menor avance (menos de 50% de disminución) fueron en orden creciente del porcentaje: Boquerón, Presidente Hayes, Central y Amambay. A la excepción de Central estos departamentos siguen teniendo hasta ahora una cobertura relativamente baja, principalmente debido a su baja densidad poblacional. Central, el departamento más cercano a la Capital, es un caso especial. Su valor de disminución es bajo, porque ya en 1992 contaba con un elevado grado de cobertura (88,0%). Boquerón es el único Departamento, donde no hubo ningún avance, al contrario se registró un leve retroceso. Es un caso similar al del Dpto. Central. En Boquerón se concentran las Colonias Menonitas del Chaco Central, que ya en 1992 contaban con una relativamente elevada cobertura eléctrica (más del 60% en zonas rurales). Sólo Central y Paraguarí tenían valores más elevados.

La estimación de la cantidad de viviendas rurales con electricidad que no son atendidos por la ANDE realizamos de la siguiente manera: La ANDE reporta en su memoria del 2006 una cobertura nacional del 88,87% para el año 2002. Del Censo Nacional 2002 resulta un porcentaje de 89,14% , un 0,27% más. Consideramos que esta diferencia representa la cantidad buscada valiéndose en términos absolutos 2.965 viviendas rurales. Para conocer el número de viviendas rurales no atendidas por la ANDE habrá entonces que sumar ese resultado al número de viviendas rurales sin electricidad que determinó el Censo Nacional 2002 resultando en una cantidad corregida de **103.741**.

Desde el año 2002, cuando se realizó el último Censo Nacional, la ANDE ha seguido ampliando su Sistema Interconectado Nacional (SIN), pero a un ritmo ya mucho menor que los años anteriores. En sus memorias anuales reporta un incremento de la cobertura nacional de 88,9% en 2002 a 95,0% en 2007. Al mismo tiempo la ANDE reporta en sus memorias anuales para el mismo periodo de 5 años un incremento de la cantidad de clientes residenciales de 113.274 para todo el país (819.693 para fines de 2002 y 932.967 para fines de 2007). Hay que precisar aquí, que la cantidad de clientes residenciales de ANDE no es directamente comparable con la cantidad de viviendas con electricidad según el censo haciendo abstracción del hecho que haya viviendas con sistemas propias de electrificación, cuya cantidad es pequeña como hemos visto. Para el año 2002 los respectivos números son 819.693 y 1.098.820. Esta diferencia importante proviene del hecho que en muchos casos un solo medidor registra el consumo de más de una vivienda. Para obtener el incremento de la cantidad de viviendas con electricidad de ANDE entre el 2002 y el 2007 hay entonces que corregir el número arriba mencionado de 113.274 multiplicándolo por un factor, que consideramos que sea igual a la relación que hubo en 2002 entre los dos mencionados valores, es decir 1,341. De esta forma el incremento definitivo sería de 151.900 viviendas.

Como otra fuente de información referente al año 2007 hemos también analizado la Encuesta Permanente del Hogar EPH 2007. Según la misma la cantidad de viviendas con electricidad en el país era en el 2007 de 1.344.139, lo que representa una diferencia muy grande en relación con el valor de ANDE. Por tratarse de un muestreo muy pequeño de solo 0,47% de las viviendas del país y que no incluye los Departamentos de Boquerón ni de Alta Paraguay, consideramos que los datos de ANDE como más confiables.

Una gran dificultad que tenemos analizando los datos de ANDE, es que no diferencian entre zonas rurales y urbanas, sino solo entre área metropolitana e interior, que son conceptos propios de ANDE relacionados con sus sistemas de alimentación. Por ello, se ha desarrollado un método de estimación para la cantidad de viviendas rurales sin servicio de ANDE, descrito a continuación.

Se parte de la cantidad estimada en 2002 de 103.741 (ver arriba), a la cual se suma el crecimiento vegetativo de las viviendas rurales hasta el 2007. Restando de este número la cantidad de viviendas rurales electrificadas por la ANDE entre 2002 y 2007 se obtiene el dato buscado. El problema es, que ambos datos no los conocemos, razón por la cual tienen que ser estimados. El crecimiento vegetativo anual de las viviendas rurales entre 1992 y 2002 era de 0,32%. En el decenio anterior dicha tasa era todavía de 3,44%. A título de comparación, el crecimiento vegetativo anual de las viviendas en zonas urbanas entre 1992 y 2002 era del 3,12% y entre 1982 y 1992 de 5,96%. Esta diferencia tan importante entre zonas rurales y urbanas se puede explicar por el fenómeno de la migración del

campo a la ciudad, que sigue vigente hasta hoy en día. La disminución entre los 2 mencionados decenios es relacionada con la disminución del crecimiento poblacional. Siguiendo esa tendencia a la baja se puede entonces considerar, que las tasas de crecimiento a partir de 2002 serían probablemente algo inferior a los valores del periodo 1992 a 2002.

Para realizar los cálculos se eligió un posible rango de valores de crecimiento vegetativo considerando los valores del periodo 1992 a 2002 en cuanto a crecimiento vegetativo como límite superior, es decir en zonas rurales de 0,1% a 0,3% y en zonas urbanas de 2,5% a 3,1%. Otra hipótesis que tuvimos que realizar es el porcentaje de las nuevas viviendas urbanas construidas entre 2003 y 2007 (crecimiento vegetativo), que fueron electrificadas por la ANDE. Elegimos el rango de 90% a 100%. Con todas estas consideraciones se puede obtener un rango de probables valores para la cantidad de viviendas rurales sin servicio de ANDE a fines del 2007, que es de unos 30.000 a 65.000 (ver tabla abajo), lo que por cierto es un rango bastante grande. **Considerando los valores medios de los respectivos rangos elegidos, que son los más probables, obtenemos un valor de unas 50.000 viviendas.** Esto significa, que la cantidad total de viviendas rurales sin acceso a electricidad de ANDE en términos absolutos ha disminuido a la mitad desde el año 2002. Para corroborar nuestros cálculos realizamos un control mediante la cobertura nacional de ANDE reportada para fines del 2007 en un valor de 95,0%. Utilizando nuestro método de cálculo se llega a valores de entre 93,4 y 95,4% según las hipótesis utilizadas. Existe entonces una coherencia bastante buena.

	hipótesis mínima	resultado	hipótesis máxima	resultado	hipótesis media	resultado
viviendas rurales sin electricidad según censo 2002		100.776		100.776		100.776
estimación viviendas rurales con electrificación propia en 2002		2.965		2.965		2.965
viviendas rurales no atendidas por la ANDE en 2002		103.741		103.741		103.741
crecimiento vegetativo de viviendas rurales entre 2002 y 2007	0,1%	2.274	0,3%	6.850	0,2%	4.558
crecimiento vegetativo de viviendas urbanas entre 2002 y 2007	2,5%	84.616	3,1%	106.190	2,8%	95.340
porcentaje de nuevas viviendas urbanas electrificadas entre 2002 y 2007	90%	76.155	100%	106.190	95%	90.573
incremento de viviendas con electricidad entre 2002 y 2007		151.900		151.900		151.900
incremento de viviendas rurales electrificadas entre 2002 y 2007		75.745		45.710		61.327
estimación de viviendas rurales no atendidas por la ANDE en 2007		30.270		64.882		46.972
cantidad de viviendas electrificadas 2002		978.766		978.766		978.766
cantidad de viviendas electrificadas 2007		1.130.666		1.130.666		1.130.666
cantidad de viviendas 2002		1.098.005		1.098.005		1.098.005
cantidad de viviendas 2007		1.184.896		1.211.046		1.197.903
cobertura nacional calculada 2007		95,4%		93,4%		94,4%
cobertura nacional reportada ANDE 2007		95%		95%		95%

Tabla 3: Cálculo de la cantidad de viviendas rurales sin electricidad de ANDE a fines de 2007 (fuentes: DGEEC, ANDE, elaboración propia)

Sabiendo ahora la cantidad aproximada de viviendas rurales sin servicio de ANDE a finales del 2007 nos quedaría brindar alguna información sobre su distribución geográfica. Gracias al censo nacional la tenemos bien detallada a nivel distrital para el año 2002, pero no para el año 2007. La ANDE nos

entregó un listado de la cantidad de sus clientes por localidades para los años 2000 hasta 2007, en la cual se diferencian los distintos tipos de clientes, de los cuales nos interesa solamente la categoría residencial. Acorde a este listado el crecimiento entre 2003 y 2007 en todo el país fue de 74.736, un valor mucho inferior al que se obtiene de las memorias de ANDE (113.274). Otra inconsistencia entre ambas fuentes es el número total de clientes residenciales para los dos años en cuestión. Para el año 2002 la memoria estipula una cantidad total de 819.693 clientes residenciales y el listado de 905.891, una diferencia de 86.198. Para el año 2007 los respectivos valores son de 980.627 y 932.967 con una diferencia de solo 47.660. La explicación de ANDE es que el listado por distritos contiene solamente los clientes facturados por la ANDE y la memoria la totalidad de clientes que consumen electricidad de ANDE, que incluye unos 20.000 clientes residenciales que reciben electricidad a través de distribuidores, a los cuales la ANDE vende la energía en bloque (Ciudad de Villarrica y colonias menonitas del Chaco central). En este caso los valores de la memoria deberían ser superiores a aquellos del listado. Otro problema es, que aparentemente las localidades del listado de clientes de ANDE no coinciden en todos los casos con los distritos políticos utilizados en el censo 2002. Pero a pesar de estas incongruencias el listado nos puede dar indicaciones sobre la distribución geográfica del crecimiento entre 2002 y 2007.

En la tabla 4 se reproducen los datos de dicho listado de ANDE resumido por departamento.

Departamento	clientes residenciales 2002	clientes residenciales 2007	incremento 2002 a 2007	porcentaje incremento	porcentaje incremento anual medio	porcentaje crecimiento viviendas 1992 a 2002
Capital	108.945	111.921	2.976	2,73%	0,54%	0,26%
Concepción	25.516	29.294	3.778	14,81%	2,80%	0,56%
San Pedro	44.673	53.180	8.507	19,04%	3,55%	0,85%
Cordillera	48.200	51.560	3.360	6,97%	1,36%	1,13%
Guairá	23.843	26.919	3.076	12,90%	2,46%	0,57%
Caaguazú	84.989	93.988	8.999	10,59%	2,03%	0,92%
Caazapá	19.759	21.619	1.860	9,41%	1,82%	-0,36%
Itapúa	71.990	76.472	4.482	6,23%	1,22%	1,85%
Misiones	21.495	24.071	2.576	11,98%	2,29%	1,13%
Paraguarí	38.140	42.766	4.626	12,13%	2,32%	0,57%
Alto Paraná	84.664	87.601	2.937	3,47%	0,68%	2,52%
Central	274.360	288.988	14.628	5,33%	1,04%	4,26%
Ñeembucú	14.722	18.239	3.517	23,89%	4,38%	1,27%
Amambay	15.957	17.974	2.017	12,64%	2,41%	1,20%
Canindeyú	17.737	23.951	6.214	35,03%	6,19%	1,27%
Región Oriental	894.990	968.543	73.553	8,22%	1,59%	1,86%
Presidente Hayes	9.117	10.118	1.001	10,98%	2,11%	2,14%
Boquerón	398	517	119	29,90%	5,37%	3,48%
Alto Paraguay	1.386	1.449	63	4,55%	0,89%	-1,12%
Región Occidental	10.901	12.084	1.183	10,85%	2,08%	2,19%
País	905.891	980.627	74.736	8,25%	1,60%	1,87%

Tabla 4: Avance de la cantidad de clientes facturados por la ANDE entre 2002 y 2007 y crecimiento anual medio de viviendas entre 1992 y 2002 por Departamento (fuentes: ANDE, DGEEC, elaboración propia)

En las regiones, donde el incremento de los clientes es muy superior al crecimiento vegetativo medio, se puede considerar, que se hayan realizado obras importantes de electrificación de viviendas rurales que antes no contaban con electricidad. Los Departamentos con el mayor avance en electrificación

entre 2002 y 2007 (>20%) fueron Canindeyú (35,0%) y Ñeembucú (23,9%). Son dos Departamentos de la Región Oriental que en 2002 contaban con un relativamente bajo grado de electrificación rural. En Amambay, que estuvo en una situación inclusive peor en 2002, en cambio no se produjeron avances importantes en esos 5 años (12,6%). En Boquerón hubo también un valor elevado (29,9%), pero ese se refiere solamente a la parte del Departamento, que no es atendido por las Cooperativas Menonitas, razón por la cual no es representativo para todo el Departamento. Comparando los crecimientos anuales (últimas 2 columnas de la tabla XX) las diferencias más importantes hay en orden decreciente en los Departamentos de Canindeyú, Ñeembucú, San Pedro, Concepción, Caazapá y Alto Paraguay con más de 2% de diferencia. En los Departamentos Central y Alto Paraná hubo inclusive un marcado déficit, es decir que el crecimiento vegetativo de las viviendas era más importante que el aumento de los clientes facturados de ANDE. Se trata de los dos Departamentos con los mayores centros urbanos del país con fuertes tasas de crecimiento poblacional, a la excepción de la Capital, cuya población ya crece muy poco, principalmente por falta de espacio físico y por el alto costo de los terrenos.

En la tabla 5 tratamos de estimar la cantidad aproximada de viviendas rurales sin servicio de ANDE a fines del 2007 para cada Departamento utilizando un método similar como para la determinación de la cantidad global.

Departamento	viviendas rurales sin electricidad 2002	viviendas rurales con electrificación propia 2002	crecimiento vegetativo 2002 a 2007	incremento electrificación rural 2002 a 2007	viviendas rurales sin electricidad 2007	porcentaje de viviendas rurales sin electricidad 2007
Concepción	6.866	202	-400	3.500	3.168	15,4%
San Pedro	11.265	331	550	8.500	3.646	7,2%
Cordillera	4.598	135	1.000	3.000	2.733	8,2%
Guairá	3.299	97	-300	2.000	1.096	4,6%
Caaguazú	12.029	354	600	8.500	4.483	7,9%
Caazapá	6.097	179	-1.200	2.000	3.076	13,6%
Itapúa	11.998	353	3.500	7.000	8.851	14,0%
Misiones	2.233	66	650	2.000	949	8,5%
Paraguarí	6.747	199	600	5.000	2.546	6,9%
Alto Paraná	7.080	208	-100	3.000	4.188	10,6%
Central	2.820	83	-100	2.500	303	0,8%
Ñeembucú	3.380	99	0	2.500	979	10,5%
Amambay	4.400	129	-300	2.000	2.229	28,1%
Canindeyú	8.918	262	-400	6.500	2.280	10,8%
Región Oriental	91.730	2.699	4.100	58.000	40.529	9,3%
Presidente Hayes	5.516	162	800	1.500	4.978	45,1%
Boquerón	3.075	90	-100	500	2.565	52,2%
Alto Paraguay	455	13	-200	0	268	24,0%
Región Occidental	9.046	266	500	2.000	7.812	45,7%
País	100.776	2.965	4.600	60.000	48.341	10,6%

Tabla 5: Estimación de viviendas rurales sin servicio de ANDE por Departamento (fuente: elaboración propia)

Los datos tienen un valor indicativo, puesto que gran parte de los datos se tuvieron que estimar por falta de datos reales, tratando de conservar la coherencia de los valores entre sí. En esta tabla podemos ver, que hay alrededor de 40.000 viviendas rurales sin servicio de ANDE en la Región

Oriental y unas 8.000 en la Región Occidental. Similar como en el año 2002 los Departamentos con la mayor cantidad (> 4000) son en orden decreciente Itapúa, Presidente Hayes, Caaguazú y Alto Paraná. Aquí también se refleja el gran avance que han tenido los Departamentos de Canindeyú y Ñeembucú. En 9 Departamentos se registró un crecimiento negativo de la cantidad de viviendas rurales. Itapúa en cambio tuvo un fuerte crecimiento.

El porcentaje de viviendas rurales sin servicio de ANDE a nivel país se ha reducido desde 2002 prácticamente a la mitad, es decir de 22,2% a 10,6%. En términos relativos son siempre los 3 Departamentos del Chaco, que tienen el mayor déficit en la electrificación rural y en la Región Oriental solo Amambay con valores mayores al 20%.

2.5 Conclusión: Valor estimativo de la cobertura eléctrica rural

Como conclusión del análisis de la cobertura eléctrica realizado en los puntos anteriores, ofrecemos la estimación del número de viviendas rurales sin electricidad en el Paraguay en 2007 en la cifra de **48.340**, lo que significa un índice de cobertura nacional del **89,4%**.

2.6 Entrevistas a actores clave del sector eléctrico paraguayo

A continuación se detalla el programa de visitas y entrevistas realizadas por el equipo consultor durante la primera misión, así como una selección - resumen del contenido de las mismas.

<u>MARTES</u> <u>08 – Abril</u>	<u>MIÉRCOLES</u> <u>09 – Abril</u>	<u>JUEVES</u> <u>10 – Abril</u>	<u>VIERNES</u> <u>11 – Abril</u>
Visita Técnica a Nueva Mestre	Visita a la Regional de la ANDE - Concepción	Reunión ANDE y VMME	Reunión Ministerio Hacienda (Sede BID)
	Recorrido por el Departamento de Concepción	Reunión en la DGEEC	Reunión STP (Sede BID)
			Conclusiones y Recomendaciones (Sede BID)
		Reunión ITAIPÚ (VMME San Lorenzo)	
		Reunión EUROSOLAR	

<p>Visita a Nueva Mestre</p> <p>El asentamiento de Nueva Mestre se originó a principios de los años 90, con una asignación de 20 mil hectáreas a una comunidad de campesinos del Chaco y el apoyo de fondos europeos y de la cooperación italiana.</p> <p>En la actualidad consta de tres núcleos de población concentrados (radio poblacional de 600m, aproximadamente), ubicados a lo largo de un camino. La distancia relativa entre núcleos es de 4 y 8 km. Dos de ellos (Núcleo 1 y Núcleo 3) tienen servicio eléctrico provisto por ANDE mediante un "Sistema Aislado" - planta de generación térmica (diesel) y una microrred de distribución en MT trifásica y BT.</p> <p>La planta consta de dos generadores, de 41 y 150kVA respectivamente, instalados en los años 1997-1998. ANDE se está planteando la sustitución del generador de 150kVA por otro de menor potencia.</p> <p>La generación media es de 240kWh/día, con un consumo de 120L/día de diesel (consumo específico promedio de 0.5L/kWh). El pico de demanda de potencia se produce alrededor de las 22horas, llegando a 38kW. El servicio eléctrico funciona 12 horas al día (de 7 a 15 horas con el generador de 41kVA + 18 a 22horas con el generador de 150kVA). Tiene 70 clientes + alumbrado público en los 2 núcleos con servicio. La tarifa es de 380Gs/kWh. Todos los clientes tienen medidor.</p> <p>Los consumos son principalmente domésticos (incluyendo refrigeradoras, congeladoras, planchas y duchas eléctricas). La media por cliente es de 100kWh/mes. Existen algunos consumos comerciales (carnicerías, tambo, carpintería), con acometida trifásica.</p> <p>Las lecturas las realizan una vez por mes cobradores de ANDE (2 – 3 personas durante 6 horas), a la vez que entregan las facturas del mes anterior. En época de lluvia, si los accesos están mal pueden acumular hasta 3 meses. Hay un técnico operador local (Sr. Julio), vecino del asentamiento, que arranca y para los generadores, realiza mantenimiento básico y toma de datos de operación, según unas planillas de ANDE.</p>
<p>Visita a agencia de ANDE en Concepción</p> <p>Esta agencia gestiona las líneas de transporte y distribución, así como la comercialización del servicio eléctrico de ANDE en todo el departamento de Concepción. No hay plantas generadoras en este departamento.</p> <p>La agencia administra aprox. 31.000 clientes con medidores. Los consumos son principalmente residenciales, con un promedio de 300 a 400 kWh/mes. Se considera que en el departamento la cobertura eléctrica es prácticamente total, quedando sin electrificar solamente pequeños grupos de casas alejadas de las redes actuales.</p> <p>Sobre las redes construidas mediante el sistema de autoayuda en Concepción, esta agencia estima que hay una bolsa de 10.000 conexiones directas (sin medidor). Se estima que corresponden a consumos pequeños, alejados. La calidad de estas redes es muy baja, incluso con extensiones a final de línea con alambre de acero (alambre "san Martín", para cercas), postes de eucalipto. ANDE ha iniciado un programa de recuperación de estas redes, todavía sin definición concreta.</p> <p>Esta agencia cuenta con 2 técnicos y 12 electricistas residentes en distintas poblaciones del departamento.</p>
<p>Visita a finales de redes del dept. Concepción</p> <p>Durante 2 horas recorremos distintas localidades del departamento, pasando por Concepción, Puerto Yrigoyen y Loreto (aprox. 50kms). Observamos finales de línea, extensiones hechas por sistema autoayuda y conexiones directas.</p> <p>En todo el país, ANDE estima tener unas pérdidas energéticas totales (técnicas y no técnicas) del 33%. Tiene alrededor de 1 millón de clientes. Población del Paraguay: 6M habitantes. Se calcula que hay 18.000 kms de redes hechas por sistema de autoayuda, pero no están todas censadas.</p>

De vuelta a la agencia en Concepción, nos facilitan una copia de un expediente para extensión de red en la localidad de Puentesíño – José Félix López, para 32 nuevos clientes.
DGEEC Estadística, Censos y Encuestas (Z Sosa de Servín)
<p>La Sra. Sosa explica los trabajos de censo poblacional que se realiza cada 10 años en Paraguay. Último censo es de 2002, cobertura de todo el país y datos georeferenciados y disponibles en el Web www.dgeec.gov.py</p> <p>Cada año se realiza una Encuesta de Hogares mediante muestreo. Según la encuesta 2007, un total de 49.409 hogares no tienen corriente eléctrica, pero esta encuesta no cubre todos los departamentos del Chaco. Otras estimaciones indican que el n° total de hogares sin acceso a servicio eléctrico estaría alrededor de 100.000.</p> <p>Se nos facilita una copia del Censo 2002 (resumen) así como del censo indígena.</p>
Itaipú binacional
<p>Nos reunimos con técnicos de la Entidad Binacional Itaipú, para cambiar impresiones acerca del potencial de las EERR renovables para microgeneración en el Paraguay.</p> <p>La empresa tiene un programa de responsabilidad social corporativa que asigna fondos para proyectos de interés social. El VMME plantea el uso de parte de esos fondos para proyectos de electrificación rural con EERR.</p>
BID – reunión con representantes de la secretaría técnica de planificación STP
<p>El VMME y el BID presentan a la STP este trabajo, el enfoque de ejecutar proyectos piloto y el horizonte de financiación de proyectos a mayor escala.</p> <p>El representante de la STP informa de la existencia de una priorización de localidades por parte de la secretaría de acción social SAS (enfoque lucha contra la pobreza), y sugiere que la ubicación de los pilotos pueda ser en alguna de estas localidades. Esta priorización puede conllevar una financiación por fondos europeos, gestionados por la STP.</p>

2.7 Antecedentes de electrificación rural autónoma con renovables en el Paraguay

En el Paraguay existen muy pocas iniciativas de electrificación rural autónoma con energías renovables. Hasta ahora, ANDE ha realizado prácticamente toda la electrificación del país inclusive de las zonas rurales mediante la expansión del SIN. Las principales excepciones son la electrificación por la ANDE de dos comunidades aisladas del Chaco, Bahía Negra y Nueva Mestre, que cuentan con sistemas de electrificación autónoma, con distribución por microrred y generación por grupos electrógenos con motor a gasóleo.

La electrificación rural descentralizada en zonas sin servicio de ANDE (especialmente en la región del Chaco, donde la cobertura es relativamente baja), ha sido impulsada principalmente por iniciativa privada. En la mayoría de los casos se trata de estancias ganaderas que disponen de grupos electrógenos a diesel instalados por sus dueños, sin ningún apoyo estatal. Algunos de ellos disponen de generadores fotovoltaicos como complemento.

Las pocas iniciativas de electrificación rural de comunidades campesinas o indígenas con energías renovables fueron en su mayoría realizadas en el Chaco. Se trata en su mayoría de proyectos financiados mediante donaciones por parte de instituciones internacionales. En la tabla siguiente enumeramos algunos de dichos proyectos, que fueron realizados para comunidades rurales:

Localidad	Ejecutor	Financiador	Año	Descripción técnica	Descripción Organizativa – Modelo de gestión del servicio	Estado actual
Comunidad indígena Karcha Bahlut (Puerto 14 de Mayo), Dpto. de Alto Paraguay	Asociación Patio de Luz / CEDESOL Ingeniería	Gobierno de Gran Bretaña	2002	23 lámparas solares portátiles para las familias Sistema fotovoltaico fijo para centro comunitario con iluminación, ventiladores y congelador comunitario	Durante la instalación de los equipos se capacitó a un poblador de la comunidad como técnico local encargado de su mantenimiento. Al final de la vida útil de las baterías en 2005 la Asociación Patio de Luz consiguió una donación para su reemplazo.	Finalizado. Instalaciones en servicio.
Comunidad indígena Yacac Vash, Dpto. de Boquerón	INTN / “Proyecto: Energización de Centros Comunitarios Rurales”	OEA	2001/03	Electrificación con ESF de centro comunitario, escuela, puesto de salud e iglesia Aerogenerador para alumbrado público y vivienda de educador Destiladores solares para la escuela de la comunidad.	El modelo de gestión es el comunitario, para ello se capacitó a los pobladores para el mantenimiento básico de las instalaciones . Se trabajó en el fortalecimiento comunitario y se conformó un comité de mantenimiento y se les dotó de las herramientas básicas. A fin de dar sustentabilidad al proyecto se implementó el proyecto de Energización con fines productivos.	Finalizado. Instalaciones en servicio.
	INTN / “Proyecto: Energización Sustentable en Comunidades Rurales Aisladas con Fines Productivos”	OEA	2004/07	Instalación de líneas productivas con utilización de la energía solar: apicultura, mejoramiento en el almacenamiento de granos y semillas, huerta comunitaria con bombeo solar y riego por goteo.	El modelo de gestión es el comunitario, con capacitación a los usuarios en el mantenimiento básico de las instalaciones y el manejo de las unidades productivas. El asesor menonita que trabaja en la comunidad en el tema de producción administrará la comercialización de los productos y destinará parte de las ganancias al mantenimiento de los equipos con apoyo de los líderes de la comunidad.	Finalizado. Instalaciones en servicio.
Comunidad campesina Punta Diamante, Dpto. de Ñeembucú	INTN / “Proyecto: Energización de Centros Comunitarios Rurales”	OEA	2001/03	Electrificación con ESF de centro comunitario, escuela, iglesia Cargador de baterías comunitario, Radio VHF Bombeo de agua con ESF, para ACS y potabilización químico para escuela. Destilador solar.	El modelo de gestión es comunitario, con capacitación a pobladores para el mantenimiento básico de las instalaciones y con profesionales del área social se trabajó en el fortalecimiento comunitario. Paralelamente se conformó un comité de mantenimiento que fue reconocido por la Gobernación y de esta forma tener la posibilidad de obtener fondos de la misma. Se estableció un cobro mínimo por el uso del cargador de baterías comunitario y se les dotó al comité de las herramientas básicas. A fin de dar sustentabilidad al proyecto se	Finalizado. Instalaciones en servicio.

					implemento el proyecto de Energización con fines productivos.	
	INTN / "Proyecto: Energización Sustentable en Comunidades Rurales Aisladas con Fines Productivos"	OEA	2004/07	Instalación de líneas productivas con utilización de la energía solar: apicultura, producción y secado de hierbas aromáticas y medicinales.	El modelo de gestión es el comunitario, con capacitación de usuarios en el mantenimiento básico y el manejo de las unidades productivas. Profesionales especialistas definieron las líneas productivas. Se asignó al comité de mantenimiento la tarea de administrar un porcentaje de las ganancias generadas por las líneas productivas que serán transferidas por el comité de producción.	Finalizado. Instalaciones en servicio.
Comunidad indígena Akaray Mi, Hernandarias, Dpto. de Alta Paraná	Electricistas Sin Fronteras, Francia	Electricistas Sin Fronteras, Francia	2004	Grupo electrógeno diesel utilizando aceite de girasol como combustible, que es producido por los mismos pobladores de la comunidad	Sin datos disponibles	Sin datos disponibles
Comunidad indígena La Esperanza, Dpto. de Presidente Hayes	SERCOM SRL / CEDESOL Ingeniería	BID	2006/07	80 lámparas solares portátiles para las familias	En cada una de las 3 aldeas que componen la comunidad se creó un comité de gestión del proyecto encargado de velar sobre el uso correcto de las lámparas y de cobrar mensualmente a los usuarios una tarifa fija destinada a un fondo de mantenimiento autogestionado. Además, se capacitó para cada aldea a un técnico local, que debería realizar las reparaciones menores (cambio de foco y baterías) o derivar al proveedor las reparaciones, que no está en condiciones de realizar.	Finalizado. Instalaciones en servicio.

Tabla 6: Proyectos antecedentes de electrificación rural descentralizada con EERR en Paraguay. (Fuente: INTN, elaboración propia).

Como puede observarse, en las experiencias antecedentes se ha aproximado la sostenibilidad del funcionamiento de las instalaciones mediante capacitación a los propios usuarios y la generación de fondos para reposiciones de equipos, pero no se ha conformado un verdadero operador del servicio eléctrico.

2.8 Proyectos relevantes en curso en el Paraguay

En la actualidad, se están llevando a cabo en el país los siguientes proyectos relacionados :

Ejecutor	Descripción	Localidad	Año inicio	Financiador	Año previsto finalización
VMME	EUROSOLAR Instalación de kits para usos comunitarios (1kW aprox.) de telecomunicación, educación, bombeo de agua y conservación de fármacos	45 comunidades en los departamentos de San Pedro, Caazapá, Caagazú y Alto Paraná	2007	EuropeAid	2009
OLADE/VMME	Proyecto piloto de servicio eléctrico 24 horas, con generación con grupo electrógeno diesel y acumulación en baterías para uso productivo y social (planta de procesamiento de vainas de Algarrobo, puesto de salud, escuela)	La Leona, Comunidad indígena La Patria, Distrito de Puerto Pinasco, Dpto. Presidente Hayes	2008	Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional ACIDI/CIDA Universidad de Calgary, Canadá	2008
OLADE/VMME	Proyecto piloto de electrificación descentralizada con sistemas solares fotovoltaicos para el uso productivo (iluminación, comunicación)	Comunidad indígena La Patria, Distrito de Puerto Pinasco, Dpto. Presidente Hayes	2008	Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional ACIDI/CIDA Universidad de Calgary, Canadá	2008
Universidad Católica, Facultad de Ciencia y Tecnología	Elaboración de mapas eólicos para el Chaco paraguayo utilizando datos existentes de estaciones meteorológicas y mediciones adicionales en 3 sitios a 80 m de altura	N/A	2008	CONACYT	2009
CEDESOL Ingeniería y Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica	Desarrollo de un aerogenerador de pequeño porte y bajo costo para vientos moderados destinado a la carga de baterías en zonas aisladas sin acceso a electricidad de la ANDE	N/A	2009	CONACYT	2009

Tabla 7: Proyectos relevantes a la electrificación rural descentralizada en curso en Paraguay. (Fuente: elaboración propia).

3 POTENCIAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES

3.1 Análisis de los recursos renovables: solar, hídrico, eólico y biomasa

La información recopilada en las tareas A1 y A2 fue estudiada para caracterizar la disponibilidad de los recursos solar, hídrico, eólico y biomasa, así como identificación de iniciativas con agrocombustibles para la generación de electricidad.

Energía solar

La radiación solar global horizontal en el Paraguay está distribuida en forma relativamente homogénea sobre todo el territorio nacional. Los valores medios anuales varían, según los datos de la NASA, entre 4,53 (en el sureste) y 4.85 kWh/m²día (en el norte). Los valores mensuales mínimos se registran en el mes de junio variando entre 2.76 y 3.49 kWh/m²día y los valores mensuales máximos en enero variando entre 5.81 y 6.38 kWh/m²día. Estos datos son similares a los valores de radiación ofrecidos por el estudio de INTN.

En el anexo 2 se muestran los mapas de distribución espacial de la radiación solar global horizontal sobre todo el territorio del Paraguay para cada mes y el promedio anual.

Energía eólica

Existen diferencias relativamente importantes en la velocidad media del viento a 50 m de altura entre las distintas regiones del Paraguay. Los valores más elevados en el promedio anual se registran en el extremo norte del Chaco superando según los datos de la NASA los 7 m/s. Hacia el sur las velocidades medias anuales disminuyen gradualmente a valores de entre 4,5 y 5 m/s rigiendo en gran parte del territorio. Otro foco de velocidades más elevadas se encuentra en el suroeste del país con valores de 5.5 a 6 m/s. En el Bajo Chaco existe un pequeño foco de velocidades inferiores a 4,5 m/s.

En el transcurso del año el esquema de distribución espacial se mantiene más o menos igual. Sin embargo, en los meses de julio a octubre se registran en general velocidades medias superiores al promedio anual alcanzando un pico en el norte del Chaco de entre 8 y 8,5 m/s.

En anexo se muestran los mapas de distribución espacial de la velocidad media del viento a 50 m de altura sobre todo el territorio del Paraguay para cada mes y el promedio anual.

Puesto que los datos y los mapas en el estudio del INTN se refieren a alturas de 10 m, no son directamente comparables con los datos de la NASA. Sin embargo se pueden notar las mismas tendencias en cuanto a diferencias en la distribución geográfica de la velocidad media del viento. Como principal diferencia entre ambas fuentes cabe mencionar un foco de mayor velocidad de viento en la zona noreste de la región oriental (Departamento de Amambay), que figura en el mapa eólico publicado por el INTN, pero que no se puede notar en el mapa anual de la NASA.

De todas maneras, los datos de ambas fuentes debido a su forma de relevamiento no pueden reflejar suficientemente bien la situación real a nivel local, sobre todo en zonas con una topografía más accidentada. Paraguay es un país relativamente plano, pero cuenta con algunas cerranías con alturas inferiores a 1000 msnm, ubicadas especialmente en el centro oeste, noreste y sur de la región oriental.

Energía hidráulica distribuida

Por falta de datos y estudios relativos a la fluvimetría de los ríos secundarios y terciarios del país, a saber los afluentes de los ríos Paraguay y Paraná, es muy difícil estimar el potencial de generación de electricidad mediante pequeñas usinas hidroeléctricas. Analizando la topografía e hidrografía del país se pueden sin embargo identificar las regiones más propicias para la explotación hidroeléctrica a pequeña escala. Se trata principalmente de la parte este de la región oriental, donde hay un gran número de ríos y arroyos afluentes, tanto de los ríos Paraná como Paraguay con una pendiente y caudal relativamente importantes en la parte superior de sus respectivas cuencas durante todo el año. Los departamentos con el mayor potencial hidráulico son Amambay, Canindeyú, Alto Paraná, Itapúa y Caaguazú. En segundo lugar estarían los Departamentos de Concepción y Caazapá. Toda esa región

coincide con el territorio del país que más precipitaciones recibe, es decir entre 1600 y 1800 mm al año.

En el Chaco el terreno es mayormente plano y los ríos secundarios generalmente tienen un caudal muy variable según las precipitaciones caídas en su respectiva cuenca. Hay sequías prolongadas de hasta varios meses de duración, que muchas veces convierten los ríos en cauces secos. La excepción es el Río Pilcomayo, que constituye la frontera con Argentina y cuyo caudal depende principalmente de las precipitaciones y el deshielo en su cuenca superior ubicada en territorio boliviano.

Energía de la Biomasa

Como indicador, en la matriz energética del país, la leña, el carbón vegetal y los desechos de cosecha, actualmente suministran cerca del 22% de la energía primaria total del Paraguay (Markhoff, 2007). El 50% del total de las viviendas utilizan leña o carbón vegetal para satisfacer sus necesidades básicas y cerca del 70% del consumo industrial de energía proviene de la leña o de los residuos vegetales.

Cerca del 70% de la extracción anual del bosque natural se destina a la combustión, especialmente la leña. La leña y – en menor cantidad – el carbón vegetal, son las principales fuentes de energía en las áreas rurales. En el 2006, la producción nacional en leña fue de 4.139.000 toneladas.

En 2007 la producción de carbón vegetal se estima en 750.000 toneladas de las que 580.000 se destinaron a la exportación, 120.000 al consumo de ACEPAR y sólo 50.000 para el consumo residencial y de otras industrias (Markhoff, 2007). Para los objetivos de evaluación de recursos para la electrificación rural, no se considera en el presente informe el carbón vegetal, ya que no tiene sentido utilizarlo como fuente de energía para la producción de electricidad, siendo energéticamente mucho más eficiente el uso directo de la madera, o de los residuos de cosecha, sin transformaciones intermedias.

En cuanto a los residuos de cosecha, datos del Viceministerio de Minas y Energía sitúan la producción en 2002 en torno a 1.591.000 toneladas. Este dato se actualizará en el apartado B.3 a partir de otras fuentes de información, entre ellas el Ministerio de Agricultura.

Biomasa de origen forestal

Con una superficie de bosque total de 40,68 millones de ha., en el Paraguay existe una gran diferencia del potencial de biomasa de origen forestal entre las regiones occidental y oriental.

La primera, comúnmente denominada Chaco, con 61% del territorio pero solamente el 2,6% de la población, está cubierta aproximadamente en un 80% por bosques equivaliendo a unos 20 millones de ha. La actual tasa anual de deforestación es estimada en unos 200.000 ha causada principalmente por la transformación de las tierras en pasturas para la producción ganadera.

La región oriental en cambio con 39% del territorio nacional concentrando el 97,4% de la población tiene hoy en día solamente una cobertura boscosa del 20% equivaliendo a unas 3 millones de ha. Esta ha disminuido enormemente en los últimos 60 años principalmente debido al avance de la frontera agrícola. El remanente del bosque atlántico del Alto Paraná, que en 1945 cubrió aproximadamente la mitad de la región oriental, se estima actualmente a unas 800.000 ha.

Con la Ley N° 2524 se logró reducir la tasa de deforestación de unos 180.000 ha por año a 19.000 ha. Tiene validez para propiedades boscosas a partir de 2 ha. Según el MAG la superficie reforestada bajo el régimen de la Ley N° 536/95 representa en la actualidad solamente unas 26.000 ha en todo el país, de las cuales el 98% se encuentran en la región oriental. Según la FAO existen en total 43.000 ha plantaciones forestales en Paraguay.

Según datos del Servicio Nacional forestal (SNF) un bosque plantado con especies exóticas puede producir anualmente en promedio por ha durante su vida útil de 12 años unos 80 m³ de leña y 20 m³ de madera. En cambio, el crecimiento natural de un bosque nativo no manejado es de sólo 3 a 4 m³/ha y año en la región oriental y 2 a 3 m³/h y año en la región occidental.

En el presente informe se ha tomado como referencia, para la evaluación de los recursos de biomasa forestal disponible, los datos del MAG en cuanto a superficie y distribución de bosques plantados, considerando lo establecido por la Ley N° 2524 conforme solamente está permitido extraer leña de bosques plantados y de bosques que disponían de un plan de manejo aprobado por las autoridades

antes de la entrada en vigencia de mencionada ley, que son muy pocos. Informaciones de la Asociación Guyra Paraguay, identifican no más de 20 núcleos de bosques nativos sin alto grado aparente de degradación, entre las cuales el 90 % poseen la mencionada categoría de manejo y las demás se encuentran en manos privadas. No se considerarán en el presente informe los recursos forestales procedentes de bosques nativos en la región Oriental.

Por otro lado, para la región del Chaco, se ha tomado en cuenta que sólo un 1% de la madera procedente de las operaciones de habilitación de tierras se utiliza como combustible doméstico, quemándose actualmente el resto de material leñoso sin ningún aprovechamiento (Markhoff, 2007). Aunque este tipo de recurso no puede considerarse como una solución sostenible, se ha considerado que en el corto plazo es una fuente abundante de biomasa utilizable. Su uso, en el corto plazo puede paliar, en alguna medida, los efectos negativos sobre el medioambiente que representa la quema incontrolada.

En cuanto a los chips de madera, según (Markhoff, 2007), son poco conocidos en Paraguay. Las plantaciones forestales de eucalipto están instalando la maquinaria necesaria para transformar los troncos en chips. La materia prima no es uniforme y el proceso de transformación puede llevarse a cabo de manera inmediata cerca de las plantaciones. El producto es menos denso, comparado con los troncos, por lo que los costos de transporte serán algo superiores. Debido a su baja incidencia, no se han considerado como producto aparte de la producción de madera de los bosques plantados.

Residuos de cosecha

La producción agrícola genera gran cantidad de residuos orgánicos susceptibles de ser aprovechados como fuente de energía. La Tabla siguiente muestra la producción agrícola en el Paraguay en la zafra 2005/06. En el anexo se muestra la distribución de la producción agrícola por departamentos para los principales cultivos.

La dificultad en la estimación de los residuos de cosecha disponibles para la electrificación rural radica en conocer la producción de residuo por tonelada de producto agrícola, el % aprovechable y otras características como el factor de utilización.

Cultivo	Producción Ton.
Mandioca	4.800.000
Soja	3.800.000
Caña de Azúcar	3.200.000
Maíz	1.100.000
Trigo	800.000
Algodón	180.000
Arroz	126.000
Poroto	70.000
Girasol	68.000
Sésamo	50.000
Maní	36.000
Tabaco	15.000
Tártago	10.500

Tabla 8: Producción de los principales cultivos en el Paraguay (2005/06). Fuente: MAG-DGP.

El INFORME FINAL PARA EL PROYECTO PAR/98/G31, PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO provee algunos datos sobre la quema en el campo de residuos agrícolas, lo que permite hacer una estimación de los residuos no usados actualmente para otros fines. En el anexo se facilitan los datos obtenidos de esta fuente. Cruzando los datos de producción agrícola y de quema en el campo de residuos agrícolas, se obtiene una estimación de 556.292 toneladas, valor que supone sólo un 35% del valor estimado por el VMME. La divergencia sin duda es debido a las diferentes hipótesis realizadas en el cálculo. Por ejemplo, no se considera en el presente informe residuos de cosecha como el bagazo de caña o la cascarilla de arroz. Según el informe ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN FORESTAL A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN AMÉRICA LATINA - Tomo 2 de 2 (FAO, 1993), la totalidad de la producción de bagazo de caña se utilizaba en el Paraguay en las propias destilerías de alcohol. Esta situación puede cambiar en el futuro, pero la evolución del sector es

actualmente difícilmente cuantificable. Se realiza, asimismo, la hipótesis de que la mayor parte de la cascarilla de arroz se utiliza actualmente por el propio sector agrícola.

Agrocarburos

Aunque las expectativas en el Paraguay para la producción de agroetanol y agrodiesel son grandes, la situación actual es de baja o nula disponibilidad para su uso en la electrificación rural.

Según Markhoff (2007), actualmente el Paraguay produce cerca 60.000 m³ de agroetanol anualmente; PETROPAR produce 120 m³ diario, AZPA 120 m³ y San Luis 120 m³. La planta de PETROPAR se encuentra en el Municipio de Mauricio J. Troche, a 168 km. de Asunción, la AZUCARERA PARAGUAYA (AZPA) en Tebicuary, departamento del Guairá y el INGENIO SAN LUIS en Puente Kyjha, Departamento de Canindeyú.

En cuanto al agrodiesel, se estima que la implantación a nivel nacional de la mezcla B-5 (5% de agrodiesel) creará una necesidad de unos 50.000 m³ anuales de agrodiesel (Markhoff, 2007). Para este propósito, debería ser posible procesar alrededor del 10% de la cosecha de la soja. PETROPAR adquirió una unidad de producción de agrodiesel con capacidad para 2.000 lts/día. La planta piloto se halla en etapa de ejecución en la planta de PETROPAR de Villa Elisa (Véase www.petropar.gov.py). Según Markhoff (2007), PETROPAR tiene previsto el establecimiento de una segunda planta cerca de la frontera brasileña, basada en girasol.

3.2 Inventario de recursos renovables y su potencial de generación eléctrica

En base a los datos de recursos renovables disponibles, en la tabla 9 se muestra una estimación del potencial de generación eléctrica a partir de cada recurso y por departamento.

Solar

Se compara el consumo potencial de las viviendas rurales que según el censo 2002 no tienen servicio eléctrico con el potencial de generación eléctrica.

Departamento	Superficie	Viviendas rurales SIN LUZ		Consumo eléctrico max. estimado viv. rurales SIN LUZ	Estimación de recurso disponible	Capacidad FV máxima necesaria para cubrir todo el déficit	Superficie FV máxima necesaria por vivienda	Superficie FV max. necesaria para cubrir todo el déficit
					SOLAR	SOLAR	SOLAR	SOLAR
	km ²	% s./ total viv. rurales	nº	MWh/año	kWh/m ² ·año	MWp	m ²	km ²
Asunción	117	N/A	N/A	N/A	1.833	N/A	N/A	N/A
Concepción	18.051	15%	3.168	5.702	1.761	5,40	12,78	0,04
San Pedro	20.002	7%	3.646	6.563	1.721	6,36	13,08	0,05
Cordillera	4.948	8%	2.733	4.919	1.823	4,50	12,34	0,03
Guairá	3.846	5%	1.096	1.973	1.769	1,86	12,72	0,01
Caaguazú	11.474	8%	4.483	8.069	1.684	7,99	13,36	0,06
Caazapá	9.496	14%	3.076	5.537	1.715	5,38	13,12	0,04
Itapúa	16.525	14%	8.851	15.932	1.685	15,76	13,36	0,12
Misiones	9.556	9%	949	1.708	1.725	1,65	13,04	0,01
Paraguarí	8.705	7%	2.546	4.583	1.690	4,52	13,32	0,03
Alto Paraná	14.895	11%	4.188	7.538	1.750	7,18	12,86	0,05
Central	2.464	1%	303	545	1.813	0,50	12,41	0,00
Ñeembucú	12.147	11%	979	1.762	1.712	1,72	13,14	0,01
Amambay	12.933	28%	2.229	4.012	1.721	3,89	13,08	0,03
Canindeyú	14.667	11%	2.280	4.104	1.640	4,17	13,72	0,03
Presidente Hayes	72.907	45%	4.978	8.960	1.734	8,61	12,98	0,06
Boquerón	91.669	52%	2.565	4.617	1.726	4,46	13,03	0,03
Alto Paraguay	82.349	24%	268	482	1.692	0,48	13,30	0,00
TOTAL	406.751		48.338	87.008		84,41		0,63

Tabla 9: Estimación de la capacidad de generación eléctrica a partir del recurso solar, por departamento, y comparación con el consumo máximo potencial de las viviendas rurales sin servicio eléctrico. Se ha asumido un consumo por vivienda de 150kWh/mes (igual al límite de la tarifa social) lo cual es una estimación optimista superior a la media estimada.

En todos los departamentos existe un potencial de generación con energía solar fotovoltaica suficiente para cubrir la demanda estimada de aquellas viviendas rurales alejadas del S.I.N. sin servicio eléctrico, que alcanzaría un orden de magnitud máximo de 87 GWh/año.

A nivel ilustrativo, en la tabla se indica la capacidad FV y la superficie de placas FV que sería necesaria para cubrir toda la demanda no satisfecha actualmente. De la tabla se desprende que unos 12 m² por vivienda son suficientes para atender una demanda de 150 kW.h/mes.

Eólica

Aunque no se cuenta con datos de recurso eólicos detallados, a partir de los datos de las estaciones meteorológicas puede ofrecerse la estimación siguiente. La única zona del Paraguay que tiene velocidades medias de viento relativamente importantes es el extremo noroeste del Chaco. En esa zona se cuenta con mediciones de 2 estaciones meteorológicas, es decir:

- Nueva Asunción: 20° 43' S / 61° 55' O
- Pratts Gill: 22° 42' S / 61° 30' O

Pratts Gill es la estación con los valores más elevados de velocidad media de viento de todo el país con un promedio anual de 3,5 m/s a 10 m de altura. En Nueva Asunción dicho valor es de 2,7 m/s. A pesar de estos valores relativamente bajos el promedio anual de la energía diaria para estas 2 estaciones, que fue determinado por el INTN, es bastante elevada con valores de 18'338 Wh/m² para Pratts Gill y 6'121 Wh/m² para Nueva Asunción, que es finalmente el parámetro más relevante para evaluar el potencial de energía eólica que la velocidad media. Suponiendo una velocidad constante del viento durante todo el tiempo los respectivos valores serían de solamente 630 Wh/m² para Pratts Gill y 290 Wh/m² para Nueva Asunción. Esta gran diferencia significa que en ambos sitios hay frecuentemente eventos de fuertes vientos, que hacen disparar la energía diaria media debido a su dependencia de la tercera potencia de la velocidad.

El promedio anual sin embargo no es suficiente para evaluar el potencial de generación eléctrica. Es indispensable analizar las variaciones en el tiempo respectivamente la distribución de las frecuencias porcentuales de las velocidades de viento. Para ambos sitios hay un elevado porcentaje de calmas y una frecuencia baja de los eventos de vientos medianos a fuertes. En Pratts Gill las calmas y los vientos entre 0 y 2 m/s, que prácticamente son inaprovechables para la generación de energía eléctrica, rigen durante 41,2% del tiempo. Vientos superiores a 6 m/s, que son los más interesantes, hay solamente durante 10,7% del tiempo. En Nueva Asunción dichos valores son de 56,4% y 16,7% respectivamente.

En el transcurso del año hay diferencias importantes de los promedios mensuales de velocidad media de viento. En Pratts Gill los meses de mayor viento son octubre y noviembre con 5,1 y 5,9 m/s respectivamente. Durante 7 meses los valores son inferiores al promedio anual (enero a junio y agosto). En Nueva Asunción los mejores meses son julio a octubre con valores oscilando entre 3,6 y 3,9 m/s. Durante 6 meses los valores son inferiores al promedio anual (febrero a junio y diciembre).

A la vista de estos datos, es difícil poder afirmar la existencia de un potencial de generación interesante para el abastecimiento eléctrico, y más cuando las estaciones con mayor recurso se encuentran en la región occidental, con una demanda (población) tan dispersa. En caso de que el recurso eólico fuera de esta magnitud (o superior) fuera generalizado en estas zonas, la solución de suministro con energía eólica requeriría de muchos sistemas de generación de pequeña potencia (prácticamente un aerogenerador por familia o punto de consumo).

A fin de poder determinar con mayor precisión el potencial de generación eléctrico en estas zonas, así como para tener datos más completos en todo el país, se recomienda la realización de un estudio más detallado del recurso eólico. En términos de generación a gran escala (cientos de MW), con dicho estudio se verificaría si en estas zonas con mayor recurso eólico podría plantearse la construcción de parques eólicos.

Biomasa

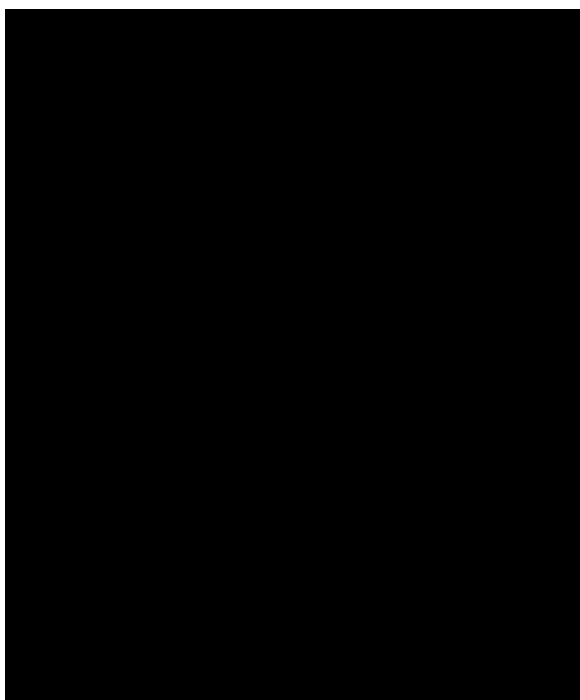
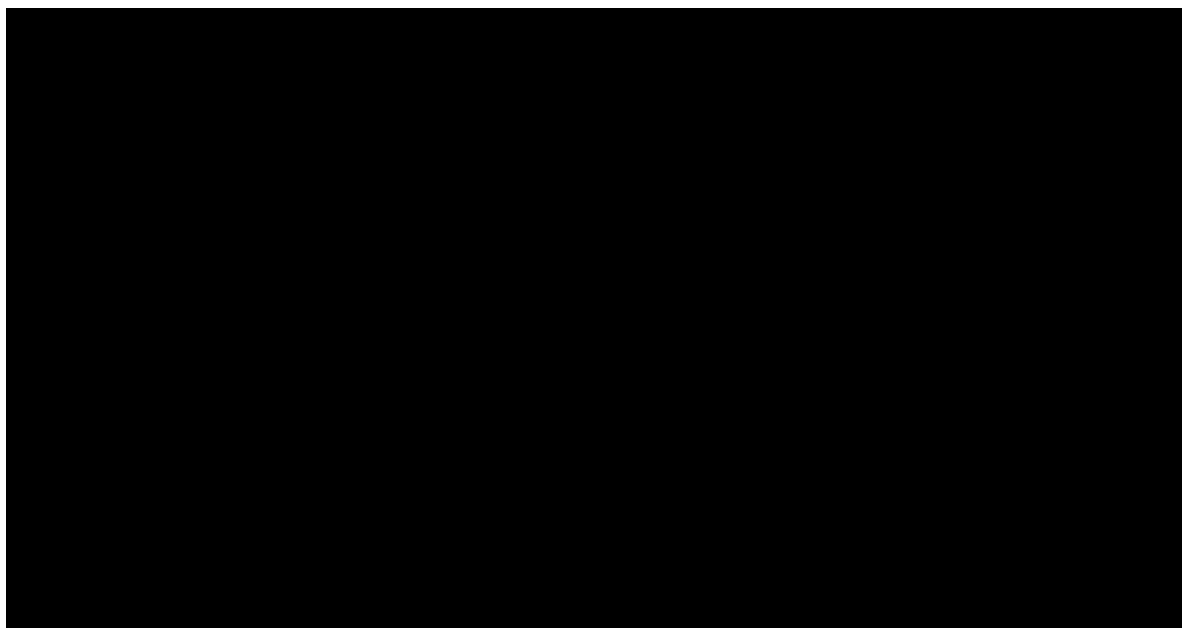


Tabla 10: Estimación de la capacidad de generación eléctrica a partir del recurso de biomasa, por departamento y comparación con el consumo potencial de las viviendas rurales sin servicio eléctrico. Se ha asumido un consumo potencial por vivienda de 150 kWh/mes (igual al límite de la tarifa social) y un rendimiento eléctrico del 18% sobre la energía térmica disponible (valor pesimista, pero adecuado para pequeñas instalaciones rurales). Fuente: elaboración propia.

⁽¹⁾ Considerando un aprovechamiento del 50%

⁽²⁾ Datos disponibles de Algodón, Soja y Caña de Azúcar

Puede observarse que la situación es muy diferente entre la región oriental y la occidental (Chaco). Considerando la producción nacional de cultivos, los residuos de cosecha no utilizados para otros usos y un aprovechamiento del 50% de los mismos (por factores de oportunidad y económicos), y teniendo en cuenta que la mayoría del recurso está disponible en la región oriental, los residuos de cosecha podrían abastecer de electricidad a la población objetivo considerada en este estudio para dicha región.

Para realizar un estudio por departamento se dispone únicamente de datos para Algodón, Soja y Caña de Azúcar. La distribución geográfica muestra mayores posibilidades en los departamentos de Caaguazú, San Pedro, Alto Paraná, Guairá e Itapúa, por este orden, mientras que, en el otro extremo, los departamentos del Chaco muestran un potencial muy bajo. En cualquier caso, sería necesario un estudio más detallado para hacer el diagnóstico de cada población en particular.

Para los bosques cultivados se ha considerado el número de hectáreas publicado por el MAG-DGP, 26.150 ha, una productividad de 80 m³/ha y una densidad de 600 kg/m³, lo que supondría una producción de 1.255.200 toneladas. Se tiene en cuenta la pérdida de peso debida a la pérdida de humedad, con un valor inicial del 50% y un valor final del 20% (secado por medios naturales). Aunque el valor del poder calorífico inferior depende de la especie vegetal y de su humedad en el uso final, se ha considerado un valor promedio único de 14.000 kJ/kg. Con estos valores e hipótesis y considerando un rendimiento eléctrico del 18%, la energía máxima disponible (uso del 100% de la madera extraída) es de 549 GWh/año. Como quiera que no es posible el uso del 100% de la madera para fines de electrificación rural, se considera la demanda que representaría para cada departamento el uso de madera procedente de bosques plantados en la satisfacción de las demandas eléctricas de la población objetivo. En este caso la situación es más favorable en los departamentos de Concepción, Misiones y Ñeembucú. Una vez más, la situación en el Chaco es manifiestamente desfavorable.

Como se comentó en apartados anteriores, existe en el Chaco un excedente de madera procedente de la deforestación. A partir de los datos disponibles, se ha estimado una producción anual de 7.500.000 toneladas de madera excedentaria. Su utilización para suplir de electricidad a la población objetivo representaría únicamente un 0,32% de dicha producción. Existe pues un extraordinario potencial de aprovechamiento de un recurso que actualmente se malogra y cuya quema supone un gran impacto sobre el medio ambiente.

La Tabla 6 muestra, asimismo, la distribución de industrias madereras por departamentos. No se han encontrado datos sobre excedentes de aserrín, por lo que no es posible calcular su potencial. En cualquier caso, el uso del aserrín excedente para producción eléctrica podría ser económicamente rentable para abastecer exclusivamente a la propia industria o a las comunidades colindantes.

Un balance global del uso del recurso forestal para el suministro de electricidad a la población objetivo exclusivamente a partir de leña, supondría un aumento del consumo nacional del 7%, lo que no resulta apropiado en las condiciones actuales.

En cuanto a los biocarburantes, con una producción actual de 60 millones de litros anuales de agroetanol, el suministro de electricidad a la población objetivo a partir exclusivamente de esta fuente y con E-100, sólo cubriría 1/3 de la demanda. Considerando una mezcla de 18% de etanol con gasolina, abastecer a la población objetivo supondría un consumo del 13% de la producción nacional actual. Debe considerarse, además, que los productores de agroetanol se encuentran en departamentos donde la producción de bagazo de caña es elevada y la opción de suministro eléctrico mediante el uso del bagazo es mucho más atractiva.

La producción actual de agrodiesel es prácticamente inexistente. Para abastecer de electricidad a la población objetivo con B-100 se estima que serían necesarios 110.003.000 litros, mientras que de usar la mezcla B-5, la demanda sería de 4.828.000 litros. Si se tiene en cuenta la estimación existente de que el Paraguay necesitaría producir 50 millones de litros de agrodiesel para utilizar la mezcla B-5 en todo el país y que ello supondría consumir el 10% de la soja producida, abastecer a la población objetivo con el consumo de B-5 en grupos electrógenos, podría suponer un 9,7 % del consumo nacional en agrodiesel y un uso de cerca del 1% de la soja producida.

eléctrico

3.3 Conclusión

Tras el estudio descrito en este capítulo concluimos que el potencial de los recursos energéticos renovables para el abastecimiento eléctrico de la población sin servicio y asentada fuera de S.I.N. es:

- Eólica: muy local – no apta
- Solar: universal en todo el territorio – muy apta
- Biomasa forestal y agrícola: suficiente y coincidente con necesidad (excepto Ñeembucu) - apta

4 LINEAMIENTOS PARA UN PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL (PNER) QUE INCLUYA TAMBIÉN LOS EMPAZAMIENTOS ALEJADOS DEL S.I.N.

4.1 Análisis institucional – Listado de actores en la electrificación rural en Paraguay

En la siguiente tabla de roles se identifica aquellas instituciones o entidades que intervienen en la electrificación rural en el país – ya sea mediante una responsabilidad formal o efectiva:

Roles ³	Entidad/es con responsabilidad formal	Entidad/es con responsabilidad efectiva
Promotor Institucional / Unidad Ejecutora	en SIN: ANDE fuera de SIN	en SIN: ANDE fuera de SIN: VMME
Regulador	en SIN: ANDE	Sin definir
Normalizador	ANDE INTN	ANDE INTN
Facilitador Social o Promotor de las Comunidades	Gobernaciones departamentales	VMME, Gobernaciones departamentales Entidades privadas, asociaciones, ONGs
Director técnico	en SIN: ANDE	fuera de SIN: VMME, ANDE, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Financiadores	en SIN: ANDE (gestionando fondos propios o de otras entidades)	en SIN ANDE fuera de SIN: VMME, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Proveedores	Empresas	Empresas
Instaladores	Técnicos - empresas	Técnicos - empresas
Capacitador - Comunicador	en SIN: ANDE	en SIN ANDE fuera de SIN: ANDE, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Mantenedores	en SIN: ANDE	en SIN ANDE fuera de SIN: ANDE, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Productor de electricidad	en SIN: centrales binacionales, ANDE	fuera de SIN: ANDE, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Operador del servicio eléctrico	en SIN: ANDE	fuera de SIN: ANDE en convenio con organizaciones descentralizadas, entidades privadas, asociaciones, ONG
Evaluador o Inspector	en SIN: ANDE	Sin definir
Director de Divulgación	en SIN: ANDE	fuera de SIN: VMME, entidades privadas, asociaciones, ONGs
Responsable de Monitoreo y Evaluación	en SIN: ANDE	en SIN ANDE fuera de SIN: VMME, entidades privadas,

Tabla 11: Identificación de roles clave en la electrificación rural en Paraguay

³ Ver definición completa de roles en anexo 1

4.2 Revisión de las políticas para la promoción de energías renovables y análisis FODA

El análisis FODA identifica los factores externos (Oportunidades y Amenazas) e internos (Fortalezas y Debilidades) dentro de la estructura del sector eléctrico y la Electrificación Rural en el Paraguay. El análisis FODA realizado abarca los temas de marco legal, financiero, técnico y de gestión.

A continuación se presentan los resultados del análisis, clasificados bajo los temas de interés: marco legal, financiero, técnico y de gestión.

Fortalezas:

Marco legal

- Institucionalización de una entidad cabecera de sector con la responsabilidad de promover la electrificación rural: la ANDE dentro del S.I.N., y con mandato legal para hacerlo también fuera del S.I.N.
- Existencia de experiencias de convenios de gestión descentralizada del servicio eléctrico entre la ANDE y organizaciones comunitarias o cooperativas de usuarios.

Marco técnico

- Alto potencial de recursos naturales renovables para la generación de energía eléctrica autónoma
- Existencia de experiencias y participación de entidades comunitarias, ONGs, y empresas, quienes brindan capacitación local y contribuyen a la facilitación de proyectos para la Electrificación Rural de manera descentralizada.

Oportunidades:

Marco legal

- La buena disposición de las entidades cabeceras de sector, ANDE y VMME, que promueven el fomento del uso de las Energías Renovables y la recuperación de redes.
- Consideración del acceso a la electricidad como un servicio básico para todos los paraguayos, y como indicador que se monitorea en los estudios estadísticos nacionales.

Marco financiero

- Programas de financiación a nivel Internacional (FOCEM Mercosur, Unión Europea, Banco Mundial, Mercado de Emisiones, Banco Interamericano de Desarrollo)
- Oportunidades mercado, comercial y de desarrollo, para creación de empresas derivadas para el aprovisionamiento de equipos, repuestos y partes, así como de actividades productivas.
- Creación de redes internacionales de empresas, organizaciones e institutos de investigación para la promoción de la Electrificación Rural y el uso de Energías Renovables.
- Fondo de responsabilidad social corporativa de Itaipú.

Marco técnico

- Cooperación para el desarrollo de modelos de gestión sostenible y replicable, que se adapten a las condiciones locales.
- Adaptación de normativa de calidad para el uso de tecnologías basadas en Energías Renovables.
- Experiencias internacionales en el uso de tecnologías a base de energía renovables.

Debilidades:

Marco legal

- Poca promoción y participación tanto del sector público como privado, para el desarrollo de tecnologías y componentes de sistemas, que no solo hagan posible la operación y servicio de sistemas aislados, sino que también contribuyen al desarrollo económico, creando por ejemplo fuentes de trabajo y reduciendo costos de importación.

- Falta de programación de infraestructura y modelos de gestión descentralizado para el servicio eléctrico, en especial para aquellos núcleos de pocos usuarios o alejados de poblaciones principales, y para viviendas dispersas .
- Falta de conocimiento de desarrollo tecnológico de sistemas de pequeña potencia basados en el aprovechamiento de las energías renovables, y sus ventajas en la Electrificación Rural.

Marco Financiero

- Administración de muchos fondos para la promoción de proyectos y programas para la Electrificación Rural, que finalmente promocionan básicamente la extensión de la red.
- Pocos mecanismos que fomenten la participación de organizaciones comunitarias, gobiernos y municipales, comités locales así como productores independientes para la creación de operadores locales, especialmente en zonas alejadas a la red.
- Las zonas marginales presentan problemas de falta de educación tanto técnica, financiera y de gestión. También existen problemas de compromiso y de capacidad de pago, en donde las condiciones locales culturales, son un factor importante.

Marco Técnico

- Falta de personal capacitado para el asesoramiento técnico y tecnológico en todos los niveles: ministerial, empresa eléctrica, facilitadores, operadores y usuarios finales
- Falta de personal capacitado para el asesoramiento en planificación y desarrollo de programas y proyectos para la Electrificación Rural, con las componentes: sistemas no incorporados a la red y uso de Energías Renovables.
 - o Falta de normativa técnica y protocolos para la operación de equipos descentralizados.
 - o Falta de laboratorios de pruebas y certificación de la calidad de equipos de generación eléctrica a base de energías renovables.
- Falta de creación de cadenas de desarrollo (valor agregado), como el suministro de repuestos baterías, ondulatorios, reguladores y componentes mas robustos, que se adapten alas necesidades locales

Gestión

- Falta de formalidad jurídica en el sector rural, como constitución de empresas legales, expedición de documentos oficiales, pago de impuestos, etc.
- Los técnicos capacitados están ubicados en Asunción, los cuales deben desplazarse al interior del país, para la gestión de problemas con los equipos o plantas de generación.
- Diferentes climas, geografía, localidades así como poblaciones étnicas, que tienen una gran diversidad de conceptos socio-económicos: aceptación, entendimiento, cooperación, participación, etc.

Amenazas:

Marco legal

- Programas de "asistencialismo", como la donación de equipos sin un modelo sostenible a través de la tarifa para la gestión y alcance de la mayoría de las comunidades.
- Aplicación de la tarifa social en sistemas descentralizados, no permite la sostenibilidad financiera del servicio.

4.3 La clave de la sostenibilidad organizativa: la entidad operadora del servicio eléctrico

En esta sección se presentan las bases para el diseño de un servicio eléctrico sustentable en el área rural del Paraguay, haciendo especial énfasis en el rol del operador del servicio por su carácter crítico y fundamental, tanto dentro de SIN como fuera de SIN.

Si bien el servicio dentro y fuera de SIN tiene condicionantes tecnológicos y económicos muy diferenciados, en el marco de este trabajo se considera importante mantener una visión integral del servicio eléctrico a nivel país, a fin de aproximar un mismo nivel de calidad y sustentabilidad para todos los usuarios.

Qué es un operador de servicio eléctrico, y qué no (G&O&M)?

Aunque no existen definiciones absolutas, un ente operador de un servicio eléctrico sería aquel que se ocupa de tres aspectos principales de dicho servicio:

- Gestión administrativa y financiera (control, organización y comunicación);
- Operación y Mantenimiento (incluyendo reparación); y
- Verificación (monitorización y evaluación, inspección interna).

Existen experiencias en distintos países y regiones donde el rol del operador del servicio eléctrico es desempeñado por entidades muy diversas, desde empresas estatales hasta ONGs o las propias comunidades de usuarios bajo esquemas asociativos.

Cabe señalar que un usuario por si mismo o un técnico instalador no son operadores de servicio eléctrico.

4.4 La clave de la sostenibilidad financiera: estructura de ingresos apropiada

Los costes de un servicio eléctrico descentralizado pueden agruparse en tres categorías:

- De Inversión (Inicial y de Reposición de equipos)
- De Gestión
- De Operación y Mantenimiento

Los esquemas típicos de planificación financiera de la electrificación rural (ya sea por extensión de red o por infraestructura descentralizada) pretenden cubrir como mínimo los costes de Gestión, Operación y Mantenimiento (G&O&M) así como algunos costes de reposición de equipos, mientras que los costes de inversión inicial son parcial o totalmente subsidiados, como parte de las políticas de desarrollo de infraestructuras.

Por tanto, en términos de sostenibilidad del servicio eléctrico una vez puesto en marcha, los esfuerzos se concentran en diseñar una estructura de ingresos viable a lo largo de la vida operacional de las infraestructuras introducidas, que van asociadas al consumo de la electricidad.

Estudios previos en esquemas de servicio descentralizado han demostrado que el peso relativo de los costes fijos es considerablemente superior al de los costes variables, especialmente si se trata de usuarios con niveles de consumo bajo (inferior a 20kWh/mes).

Si bien esta constatación no parece demasiado sorprendente, sorprendentemente las tarifas típicamente reguladas no reflejan dicha relación de costes, si no que copian las tarifas de red convencional según las cuáles los usuarios pagan por consumo (pago variable).

El fijar un costo a la energía generada por el sistema comprende varios aspectos inherentes a la política que se pretende implementar conjuntamente con los beneficiarios, de esta manera se pueden tener distintos niveles de tarifas, una periodicidad definida de pago y una estructura de costos acordada. Es importante que estos elementos sean transparentes y debidamente acordados con y entre los beneficiarios ya en una etapa de factibilidad.

En anexo se incluye un criterio de diseño de tarifas, que ha sido propuesto en experiencias anteriores de electrificación rural descentralizada.

4.5 Identificación de mejoras estratégicas : recomendaciones generales y específicas

En base al análisis FODA, en esta sección se expone una relación de recomendaciones, que se proponen como líneas base para un programa de electrificación rural con introducción de energías renovables en el Paraguay.

Nuestras recomendaciones parten de algunos de los objetivos estratégicos y líneas de acción estipuladas en el PESE. "Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay (PESE) 2004-2013":

- *"Coherencia/coordinación institucional como condición "sine qua non" para la consecución del resto de los objetivos.*
- *Seguridad y calidad en el suministro, cuyas principales manifestaciones son la ampliación de la matriz energética (hidrocarburos y energías renovables) y la modernización de los sectores energéticos.*
- *Extensión de la cobertura energética como una obligación de hacer llegar, de manera progresiva, la energía a todos, pues como input de la producción es necesaria para el desarrollo económico y como producto final debe formar parte de la "cesta de bienes" que confieren mayor bienestar a las familias.*

(...)

- *Pero el alcance de los objetivos anteriores sería puramente "virtual", si no se plantea como necesario un objetivo que les sirva de soporte y que los convierta en realizables. Se trata de la puesta a punto/desarrollo de un marco regulatorio adecuado y adaptado a las peculiaridades del Paraguay y en coherencia con los existentes en el resto de países del MERCOSUR.(...)"*

Las líneas de acción y sus respectivas medidas propuestas, que permitirán alcanzar mencionados objetivos son los siguientes:

1. *"Integración de competencias energéticas, autonomía y coordinación institucional:*

(...)

5. *Modernización del sector de la electricidad:*

- *Plan de infraestructuras. Generación, transporte y distribución*

6. *Introducción de energías renovables:*

- *Plan de Desarrollo de las Energías Renovables (PDER)*
- *Aplicaciones piloto de EERR para la producción de electricidad*

7. *Desarrollo del marco regulatorio:*

- *Desarrollo que dé respuesta a objetivos PESE*
- *Normalización con otras legislaciones*
- *Armonización normativa con MERCOSUR"*

Recomendaciones generales

Consideramos que hay dos aspectos clave a ser incluidos en las agendas de la ANDE y del VMME:

- **Designación de una Unidad Ejecutora para la electrificación rural fuera de SIN** (o mercado disperso)

Como primera aproximación, se considera la opción de crear una unidad específica en el marco de ANDE, que podría aprovechar los recursos y capacidades actuales (red de oficinas y técnicos locales por todo el territorio), con una participación del VMME en la planificación y la coordinación con otros organismos eventualmente co-participantes (administraciones departamentales, STP, MAG, INDERT, INDI, etc.).

- **Revisión y adecuación de Tarifas para los clientes fuera de SIN**

En Paraguay, la actual estructura tarifaria eléctrica es uniforme para todo el país. En otros países, generalmente las tarifas eléctricas de los clientes rurales, especialmente de aquellos que cuentan con microplantas autónomas basadas en soluciones técnicas más costosas, se calculan

las tarifas específicas a fin de reflejar como mínimo el costo operativo real, existiendo voluntad de pago por parte de los usuarios, una tarifa distinta a la interconectada al S.I.N.

En el caso del Paraguay este tema es aún más importante porque las tarifas existentes son bajas en términos relativos, entre otros, porque el 100% de la generación es hidráulica de bajo costo.

Los programas de electrificación rural generalmente significan importantes subsidios del Estado a las inversiones, pero en este caso, si quisiera mantenerse una tarifa homogénea nacional, los subsidios deberán también cruzarse con los costos de operación y mantenimiento, lo cual es una ventaja de cara a la viabilidad de proyectos que ofrezcan un servicio eléctrico de calidad, 24 horas al día, basado en fuentes de energía renovable.

Este es un tema que requiere ser analizado y discutido ampliamente por sus implicaciones.

Recomendaciones específicas

Se han categorizado por:

1. ámbito de aplicación (legal e institucional, técnico y tecnológico, financiero, de gestión y organizativo)
2. relación con la temática de la electrificación rural: directa (D) o de orden más general (G)
3. nivel de importancia: C-Crítico, M-Medio, BP-Buenas Prácticas
4. plazo de implementación: Corto (antes de 2 años) , Medio (entre 2 a 6 años)

En el anexo 1 “Resumen de recomendaciones y propuesta de planificación” se incluye una propuesta de planificación temporal para todas las recomendaciones específicas descritas en esta sección.

REC	Recomendaciones al marco legal e institucional	Relación	Nivel de importancia	Plazo	
				Corto	Medio
LIN 1	Definir qué entidad debe responsabilizarse de la planificación del mercado eléctrico rural disperso (fuera de red)	D	C	X	
LIN 2	Crear en la ANDE una unidad especializada en tecnologías de generación basadas en energía solar y energía de la biomasa, para microplantas no interconectadas al S.I.N.	G	M		X
LIN 3	Reforzar los recursos humanos en VMME para integrar una unidad especializada en la promoción de proyectos con tecnologías de generación distribuida basadas en energías renovables.	D	C	X	
LIN 4	Realizar una selección de proyectos piloto de electrificación autónoma con tecnologías basadas en EERR, servicio eléctrico 24 horas y modelo de gestión adaptado.	D	C	X	
LIN 5	Establecer un proceso de promoción de proyectos de electrificación fuera del S.I.N, que reciban fondos públicos (identificación, habilitación, evaluación, aprobación, ejecución, seguimiento, evaluación)	D	C	X	
LIN 6	Analizar opciones de modelos de operador eléctrico mixto para gestión de microplantas autónomas fuera del S.I.N, basado en convenio entre la ANDE y organización comunitaria o local	D	M	X	
LIN 7	Desplegar el reglamento de la Ley de la Producción Independiente de Energía Eléctrica	G	M	X	
LIN 8	Aprobar regulaciones para el fomento de la eficiencia energética, la sustitución de energías fósiles y el uso de las EERR en general, que incluya los siguientes aspectos: - electrificación rural autónoma	G	C		X

	<ul style="list-style-type: none"> - fomento de artefactos eléctricos de mayor eficiencia - fomento de calefones solares para ACS - fomento de cocinas eléctricas con uso fuera de punta - fomento de agrocombustibles para el sector transporte (ley ya existente) - fomento de la forestación y el aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales para el uso energético - fomento de la metanización de residuos orgánicos 				
LIN 9	Crear una oficina en VMME para atender consultas por parte de la población sobre temas energéticos (eficiencia, energías renovables, etc.)	G	BP	X	
LIN 10	Introducir el etiquetado del grado de eficiencia obligatorio para los artefactos eléctricos, para permitir mayor información a los consumidores, similar o igual al sistema utilizado en la Unión Europea y en el Brasil	G	M	X	
LIN 11	Realización de un Programa de Electrificación rural descentralizada específico para comunidades indígenas	D	C		X

Tabla 12: Recomendaciones específicas al marco legal e institucional

REC	Recomendaciones al marco técnico y tecnológico	Relación	Nivel de importancia	Plazo	
				Corto	Medio
TEC 1	Mejorar la cuantificación del recurso hidroeléctrico en cauces menores para generación distribuida de electricidad	G	M		X
TEC 2	Mejorar la cuantificación del recurso eólico para generación de electricidad	G	M		X
TEC 3	Implantar un programa de capacitación en sistemas de energías renovables, ajustado a las necesidades concretas de técnicos y planificadores de la ANDE y VMME	G	C	X	
TEC 4	Adopción o adaptación de normas y estándares técnicos internacionales sobre instalaciones de energías renovables	G	C		X
TEC 5	Fomento de la I+D nacional en tecnologías de EERR (mejora de laboratorios, infraestructura de ensayo, medida, certificación)	G	BP		X
TEC 6	Fomentar la sustitución de sistemas existentes de electrificación con grupos electrógenos individuales y comunitarios por equipos con generación renovable, y optimización mediante la instalación de acumulación eléctrica	D	M	X	
TEC 7	Fomentar la instalación de calefones solares en reemplazo de las duchas eléctricas con el fin de reducir la punta de consumo eléctrico del S.I.N en horas del final de la tarde e inicio de la noche	G	M		X
TEC 8	Realizar campañas de información – divulgación para fomentar el uso de artefactos eficientes, empezando por focos de bajo consumo	G	M		X

Tabla 13: Recomendaciones específicas al marco técnico y tecnológico

REC	Recomendaciones al marco financiero	Relación	Nivel de importancia	Plazo	
				Corto	Medio
FIN 1	Adaptar el esquema financiero para G&O&M de microplantas fuera del S.I.N de promoción pública (esquema tarifario integrado o independiente)	D	C	X	

FIN 2	Crear un fondo de subsidio cruzado para cubrir costes de G&O&M en sistemas fuera de red basados en EERR	D	M		X
FIN 3	En el diseño de programas y proyectos, implantar un mecanismo de priorización de zonas a atender basado en la selección de tecnologías de menor coste actualizado del ciclo de vida, ponderado bajo criterios de calidad de servicio eléctrico y de beneficio social.	G	C		X
FIN 4	Crear un fondo de las regalías de las centrales hidro binacionales para desarrollo de la electrificación rural y las EERR	G	M		X
FIN 5	Crear mecanismos para la liberación de impuestos sobre la importación de equipos para la conversión de EERR (paneles solares fotovoltaicos, generadores eólicos, microturbinas hidráulicas, gasificadores de biomasa, etc.)	G	M	X	
FIN 6	Apoyo financiero a proyectos de I+D en el ámbito de la aplicación de EERR mediante fondos del CONACYT	G	C	X	

Tabla 14: Recomendaciones específicas al marco financiero

REC	Recomendaciones al marco de gestión y planificación	Relación	Nivel de importancia	Plazo	
				Corto	Medio
GEP1	Diseñar un modelo de gestión del servicio eléctrico específico para pequeñas microplantas fuera del S.I.N, fomentando la participación local (basado en modelos de éxito en otros países)	D	C	X	
GEP2	VMME coordinar un plan de acción para la electrificación rural descentralizada, incluyendo criterios o aportaciones de una mesa interinstitucional (STP, MAG, INDERT, INDI, ANDE, SENASA).	D	BP		X
GEP3	Identificar núcleos de población aún no electrificados por la ANDE para la electrificación descentralizada prioritaria con EERR	D	C	X	
GEP4	Relevamiento detallado por de las zonas rurales aún no electrificadas (ver LIN1) con cuantificación y tipificación de potenciales usuarios	D	C	X	
GEP5	Identificación por la ANDE de las zonas rurales electrificadas con mayores problemas en la gestión de lectura y facturación en vista a la introducción de sistemas de telemedida	D	C	X	
GEP6	Identificación por la ANDE de puntos de fin de línea con problemas de estabilidad de la red, que podrían ser aliviados mediante la construcción de pequeñas plantas a EERR (biomasa, mini- y microhidráulica)	D	M	X	

Tabla 15: Recomendaciones específicas al marco de gestión y planificación

5 DESCRIPCIÓN DE TRES PROYECTOS PILOTO

Dentro de las recomendaciones expuestas en las secciones anteriores figura la realización de proyectos piloto, que permitan poner a punto y validar:

- soluciones tecnológicas novedosas en el Paraguay basadas en EERR
- modelos de gestión del servicio eléctrico y estructuras tarifarias adaptados a las instalaciones autónomas
- soluciones de electrificación para sectores sociales sensibles – pobladores asentados lejos del S.I.N, comunidades indígenas

Se proponen tres proyectos piloto que se resumen en este capítulo. Para cada proyecto piloto se ofrecen presupuestos de inversión referenciales. Dado que este trabajo ha sido realizado en un contexto temporal afectado por ciertos condicionantes económicos a nivel internacional de alta volatilidad, como las fluctuaciones del cambio de la divisa USD o del precio del barril de petróleo, será preciso un ajuste de estos precios finales una vez se proceda a la ejecución de los proyectos.

En el anexo 6 se incluyen las memorias, planos y documentación para cada uno de los tres proyectos.

5.1 PP1) Mejora de redes – Sistema integral de telemedida y corte remoto

Se ha diseñado un sistema que permite la telegestión y el control remoto de los consumos en tramos de redes dentro del programa de recuperación de redes que se construyeron mediante el sistema de Autoayuda. De esta forma, se optimizará las lecturas y cobranzas, con la subsiguiente reducción de costos de gestión para ANDE.

La ubicación propuesta por la ANDE es la localidad de Jhuguá Rey, distrito Gral. Aquino, en el Departamento de San Pedro. Se eligieron de dicha localidad 50 usuarios de distintas categorías alimentados por 3 transformadores de MT a BT.

El sistema que se propone es una solución integral basada en comunicaciones PLC, consistente en la instalación de medidores avanzados que se comunican a través de la propia red eléctrica en BT con un equipo concentrador; éste, a su vez, se comunica vía red GPRS con un ordenador (por ejemplo, en la agencia local de la ANDE).

La figura 3 muestra la topología de esta solución:

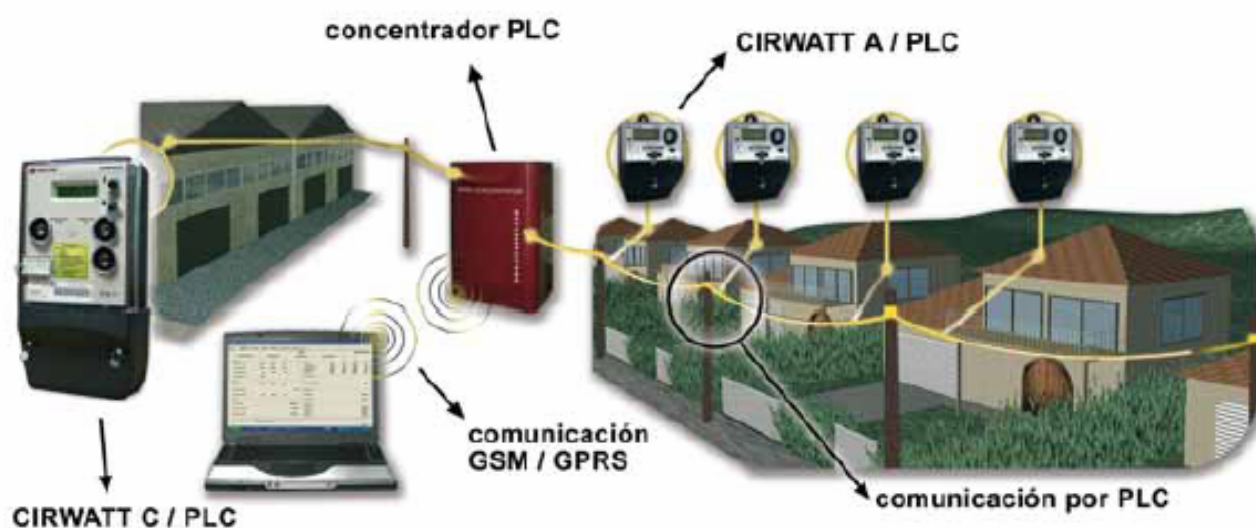


Figura 3: Esquema gráfico del sistema de telemedida y corte remoto (fuente: CIRCUTOR)

Esta solución se provee con un aplicativo informático específico que, desde el sistema central, permite:

- Consultar en tiempo real los datos de consumo de cada medidor
- Integrar el tratamiento de datos dentro del sistema de administración y facturación de ANDE
- Comparar consumos en las redes de BT y detectar eventuales fraudes
- Actuar sobre los medidores, e incluso cortar el servicio de un medidor determinado, a distancia

A efectos de ensayo para una prueba piloto, se propone un sistema de telemedida consistente en:

- instalación de un medidor PLC en cada una de las acometidas
- instalación de un concentrador PLC en la salida BT de cada transformador
- instalación del software de gestión en un ordenador de la agencia de ANDE que pueda monitorear con frecuencia semanal (como máximo) los datos registrados.

Para apoyar el seguimiento y evaluación de esta experiencia piloto se incluye un apoyo técnico cualificado para los primeros 12 meses de implantación del sistema de telemedida, toma de decisiones y preparación de especificaciones para una replicación de esta solución a gran escala dentro del programa de recuperación de redes de ANDE.

El presupuesto referencial para este proyecto piloto es de 72.750USD.

5.2 PP2) Proyecto piloto de generación descentralizada con EERR en Nueva Mestre

El segundo proyecto piloto que se plantea tiene como objetivo el reemplazo de una planta de generación térmica (100% a base de gasóleo) por un sistema optimizado de generación basado en energías renovables, y la introducción de medidas de consumo eficiente.

Con la unidad de Planificación de ANDE y el VMME se valoró la conveniencia de diseñar una planta piloto de generación híbrida a partir de los recursos biomasa (como fuente primaria) y solar fotovoltaica (como fuente secundaria) en la comunidad de Nueva Mestre, distrito Villa Hayes, en el departamento de Presidente Hayes.

El asentamiento de Nueva Mestre se originó a principios de los años 90, con una asignación de 20 mil hectáreas a una comunidad de campesinos del Chaco y el apoyo de fondos europeos y de la cooperación italiana. En la actualidad consta de tres núcleos de población concentrados (radio poblacional de 600m, aproximadamente), ubicados a lo largo de un camino. La distancia relativa entre núcleos es de 4 y 8 km. Dos de ellos (Núcleo 1 y Núcleo 3) tienen servicio eléctrico provisto por ANDE mediante un "Sistema Aislado" - planta de generación térmica (grupo electrógeno diesel) y una microrred de distribución en MT trifásica y BT.

El servicio eléctrico funciona 12 horas al día (de 7 a 15 horas con el generador de 41kVA + 18 a 22 horas con el generador de 150kVA). Tiene 70 clientes + alumbrado público en los 2 núcleos con servicio. La tarifa es de 380Gs/kWh. Todos los clientes tienen medidor.

Se ha realizado una simulación computerizada para determinar la solución tecnológica de menor costo operativo y basada en el aprovechamiento de recursos renovables.

Resultado de la simulación y dimensionado

Se han analizado cuatro opciones posibles y se han calculado los costes actualizados específicos para un ciclo de vida de 20 años que se resumen en la tabla 16.

- Opción 1: Planta híbrida conjunto gasificador-motor-generator a biomasa sólida, generación fotovoltaica y grupo electrógeno a gasóleo auxiliar (utilización del actual).
- Opción 2: Solución híbrida conjunto gasificador-motor-generator y grupo electrógeno auxiliar a gasóleo.
- Opción 3: Solución híbrida con generación fotovoltaica y grupo electrógeno auxiliar a gasóleo.
- Opción 4: Solución basada en grupo electrógeno.

		Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
	Unidad	Gasificador + FV + Diesel	Gasificador + Diesel	FV + Diesel	Diesel
Gasificador	kW	64	64	-	-
PV	kWp	20	-	165	-
Diesel	kW	35	35	65	65
Ondulador	kW	20	12	15	14
Acumulador	kWh	288	288	144	288
CAE total	US\$/kWh	0,550	0,554	1,088	0,814
CAE de capital + reposición	US\$/kWh	0,500	0,220	0,526	0,042
CAE de G&O&M	US\$/kWh	0,027	0,226	0,392	0,550
CAE de combustible diesel	US\$/kWh	0	0,036	0,170	0,222
CAE de combustible biomasa	US\$/kWh	0,023	0,072	0	0
Fracción de generación renovable	%	100	100	76	0

Tabla 16: Resumen económico comparativo entre las distintas opciones analizadas. Fuente: elaboración propia.

Los criterios de priorización son el menor CAE (Coste Actualizado Específico) y mayor fracción renovable (% de la generación que se obtiene de fuentes renovables). Por tanto, se selecciona como preferente la opción 1. Esta opción incluye la utilización de uno de los grupos electrógenos existentes, pero con un uso exclusivamente de emergencia (0 horas de funcionamiento en la simulación).

La solución propuesta, descrita en detalle en el anexo 6.2, consiste en una microplanta híbrida multigeneración renovable y un tendido eléctrico de distribución en media y baja tensión en los tres núcleos poblacionales.

La generación es con energía renovable con un generador gasificador de biomasa local, un generador fotovoltaico y el grupo electrógeno a gasóleo como apoyo de emergencia.

Se ha previsto un conjunto de edificios para albergar las instalaciones y en la cubierta de los cuales se integran los paneles fotovoltaicos.

El recurso biomasa necesario para el funcionamiento del gasificador es suficiente en la propia comunidad de Nueva Mestre. El abastecimiento de leña podría ser una de las dos modalidades posibles: La primera consistiría en llevar mediante un vehículo (tractor) los troncos a la microplanta en la comunidad, donde serán triturados y luego secados y almacenados. En el segundo modelo la trituración de los residuos se realizaría en el mismo sitio de extracción, mediante una trituradora móvil. Las astillas se llevan luego en un remolque acoplado, similar a los utilizados para el transporte de granos, hasta la microplanta para su secado y almacenamiento.

Como en esa zona no se practica casi la agricultura, sino más bien la ganadería, no habrá disponibilidad de residuos agrícolas en cantidades significativas.

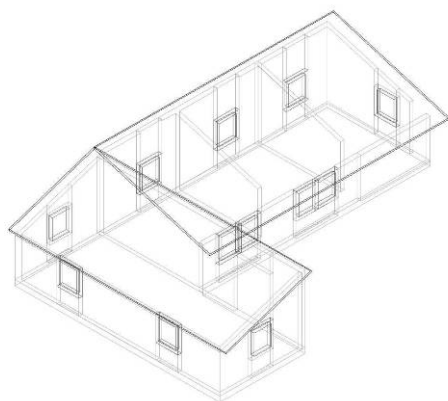
El modelo de gestión que se propone es una adaptación del modelo actual (modelo mixto bajo la titularidad de ANDE), en el que las tareas de O&M deberán incluir el cuidado de las baterías de acumulación y los paneles fotovoltaicos.

En los planos se incluye una propuesta de diseño de recinto para albergar la microplanta de generación, que se ubicaría en la misma zona que la actual (entrada del núcleo 1).

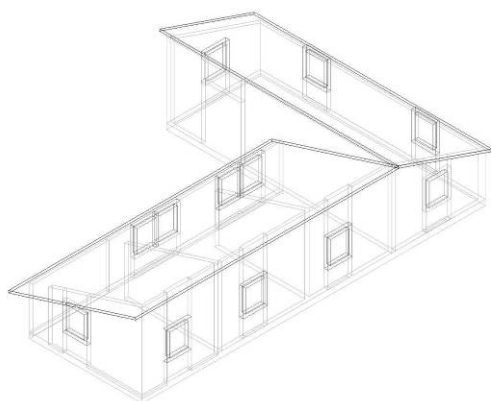
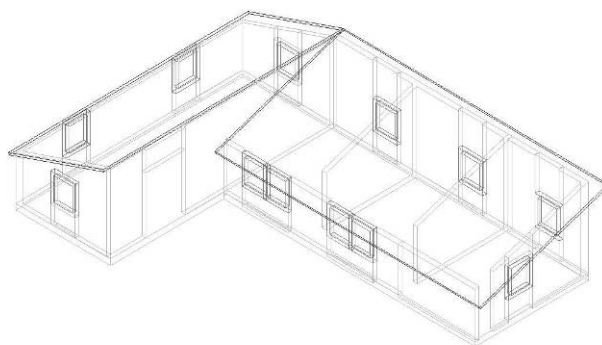
Dicha propuesta consta de 4 salas diferenciadas, siendo la mayor una provisión de espacios para el tratamiento y almacenaje de la biomasa, así como las cubiertas (con una sola agua) orientadas convenientemente para la ubicación de los paneles fotovoltaicos.

El presupuesto referencial para esta solución de generación se estima en la cifra de 751.000USD e incluye inversión, fortalecimiento industrial y seguimiento.

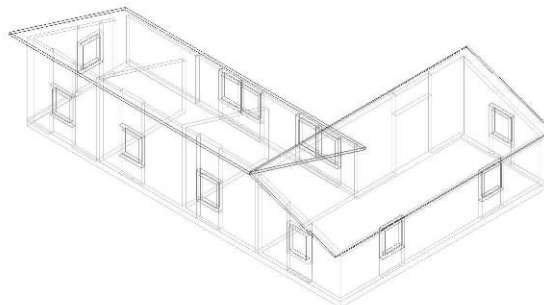
Vista N-E



Vista N-O



Vista S-O



Vista S-E

Figura 4: Vistas en 3 dimensiones de un posible diseño para el recinto de la microplanta de generación en el núcleo 1 (fuente: elaboración propia)

Variante de la solución 1: topología con acumulación descentralizada

Considerando la existencia de 3 núcleos diferenciados de población, separados entre sí por algunos kms. y por tanto la necesidad de distribución en MT entre ellos, la solución centralizada conlleva un funcionamiento ineficiente en los horas valle o de menor consumo (suministro desde las baterías a través del ondulador), debido al autoconsumo (pérdidas) de la red en MT. Para mejorar este punto, se propone estudiar una variante con acumulación descentralizada. Ésta consiste en considerar una microplanta fotovoltaica (paneles, baterías e ondulador) en cada núcleo en lugar de una centralizada en el núcleo 1.

Esta variante permite reducir la capacidad de dichas plantas fotovoltaicas (por ahorro de pérdidas):

- 15% en capacidad fotovoltaica
- 35% en capacidad de ondulador

- 12% en capacidad de baterías

Lo cual conlleva una reducción del presupuesto referencial hasta los 708.000USD, aproximadamente.

A efectos del modelo de gestión, esta variante requiere por tanto una adaptación para la realización de la O&M, dado que hay ciertas tareas que deberán ejecutarse en los núcleos 2 y 3. En ese sentido, existen dos posibles alternativas:

- mantener el esquema de O&M actual, y ampliar las funciones del técnico operador actual para atender los núcleos 2 y 3.
- replicar el esquema de O&M actual hacia los núcleos 2 y 3, es decir, capacitar técnicos operadores para esos núcleos.

La ANDE, como operador del servicio, deberá valorar estas posibilidades en su momento.

5.3 PP3) Proyecto piloto de generación descentralizada con energías renovables en Yacac Vash

En la misión inicial se mantuvo una entrevista con representantes de la Secretaría Técnica de Planificación, quienes señalaron la existencia de una priorización de localidades por parte de la Secretaría de Acción Social SAS bajo el enfoque lucha contra la pobreza.

Se ha considerado un tercer proyecto piloto en una de estas localidades, la comunidad indígena de Yacac Vash.

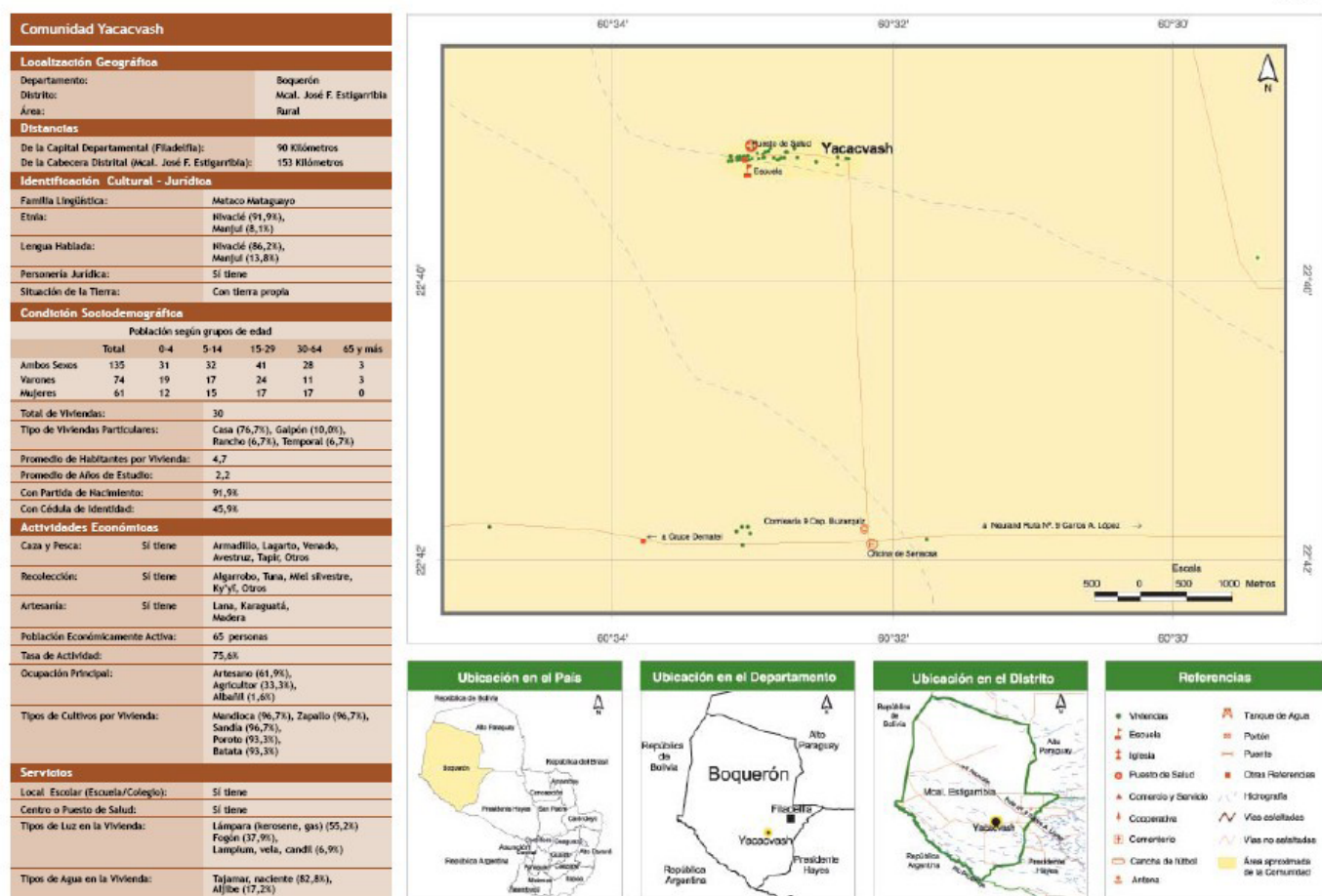


Figura 5: Datos censales de la comunidad Yacac Vash (fuente: Atlas de Comunidades Indígenas del Paraguay DGEEC y elaboración propia)

La comunidad tiene un total de 39 viviendas familiares , un centro comunitario con escuela, vivienda para docente, salón para mujeres, iglesia, cancha de deportes y huerta. A parte hay un puesto de salud y un depósito para productos agrícolas. Tanto éstos como el centro comunitario cuentan en la actualidad con equipos fotovoltaicos individuales.

El proyecto piloto que se plantea en Yacac Vash parte de los mismos principios de diseño que Nueva Mestre. Se trata de una microplanta autónoma, en este caso con topología generación fotovoltaica únicamente y microrred de distribución en BT (ver detalles y planos en anexo 6).

El modelo de gestión que se propone es un modelo mixto entre la ANDE y la comunidad, dado que ésta ya tiene experiencia en el cuidado de los equipos FV actuales, pero será preciso que se desarrolle la formalización de un operador de servicio eléctrico, con la participación de la ANDE que pueda tutelar a la comunidad.

El presupuesto de inversión referencial para este proyecto piloto es de 160.000USD.

5.4 Resumen de los presupuestos referenciales para los 3 proyectos piloto diseñados

La tabla 17 resume los presupuestos referenciales para los proyectos piloto incluidas inversiones y asistencia técnica pero no los gastos propios de la unidad ejecutora. Los gastos referenciales no incluyen impuestos.

Proyecto	Rubro	Monto (1000USD)
Nueva Mestre	Inversión Generación (incluido 3° N)	600 – 640
	Inversión Extensión microrred	44
	Asistencia técnica y monitorización	67
	Gastos unidad ejecutora	A determinar
Yacac Vash	Inversión Generación (incluido 3° N)	95
	Inversión Extensión microrred	20
	Asistencia técnica y monitorización	45
	Gastos unidad ejecutora	A determinar
Jhuguá Rey	Inversión equipos	28
	Asistencia técnica y monitorización	45
	Gastos unidad ejecutora	A determinar

Tabla 17: Resumen de presupuestos referenciales de los 3 proyectos piloto.

6 APROXIMACIÓN AL POTENCIAL DE REPLICACIÓN

Para los 3 proyectos piloto propuestos existe un alto grado de replicabilidad.

6.1 Proyectos para mejora de redes

Como parte del proyecto piloto de Jhugua Rey se ha incluido una fase de seguimiento de 12 meses para determinar en detalle el costo-beneficio del sistema de telemetria, que si bien representa una inversión inicial más elevada que la medida convencional, generará ahorros importantes en la gestión y que va contribuir considerablemente a la prevención del fraude.

Existe un gran número de localidades en todo el país, donde la telemetria facilitaría a la ANDE enormemente la gestión de la lectura del consumo eléctrico y de la facturación.

De nuestro punto de vista lo más recomendable, en el supuesto que la posterior evaluación de la experiencia piloto fuera favorable, sería incorporar la telemetria como un componente más en los proyectos de recuperación de redes realizadas por el sistema de autoayuda, programa que ya está en curso desde hace varios años. Quedan unos 18,000 Km. de líneas de MT realizadas con este sistema, que van a ser recuperadas en los próximos años. Considerando que en promedio haya 10 usuarios por cada Km. de línea de MT, la cantidad de usuarios de ANDE, que podrían ser incorporados en un programa de telemetria en los próximos años sería de unos 180,000.

El criterio sería seleccionar las zonas en las que por su dispersión y poca densidad de consumo la inversión en la telemetria se amortiza con el incremento de eficacia en la gestión.

Otro importante beneficio para la ANDE sería la fácil detección del fraude o manipulación por parte de los usuarios.

Sobre la base de los datos que la ANDE dispone sobre pérdidas no técnicas, se podrá realizar una priorización para la implementación de la telemetria. La disponibilidad de la señal GPRS, deberá ser cada vez menos un obstáculo, pues la cobertura de la telefonía celular en zonas rurales está creciendo rápidamente en Paraguay.

6.2 Proyectos para generación eléctrica autónoma con energías renovables

La electrificación rural con energía solar fotovoltaica (ESF) tiene una gran versatilidad y universalidad para su aplicación, mientras que la tecnología de los gasificadores de biomasa es adecuada en emplazamientos específicos con demanda alta y disponibilidad local del recurso. La ESF sirve tanto para soluciones individuales (viviendas aisladas), como para pequeñas comunidades, donde acorde al grado de dispersión de las viviendas se pueden adoptar soluciones individuales o comunitarias con distribución por microrred. Esta tecnología es ideal para viviendas rurales con un bajo consumo de electricidad utilizada principalmente para la iluminación y la comunicación.

Las plantas eléctricas con gasificador de biomasa tienen un potencial importante, tanto para la electrificación descentralizada, como para sistemas conectados a la red. En la región del Chaco, donde hay una elevada oferta de biomasa leñosa, existen varias comunidades aisladas hoy en día electrificadas con grupos generadores diesel, que podrían ser sustituidos por generadores a biomasa. Entre ellas cabe mencionar especialmente la Ciudad de Bahía Negra en el Departamento de Alto Paraguay, que cuenta con una planta diesel bajo la gestión de ANDE con una potencia instalada de 200 kVA

Pero también en comunidades suficientemente importantes actualmente sin ningún sistema de electrificación comunitario podrían ser instalados. La mayoría de esas se encuentran en los 3 Departamentos del Chaco. Como primera aproximación, ofrecemos una pre-identificación de algunas de esas comunidades, pero sin disponer de datos sobre su respectiva población:

1. Departamento de Presidente Hayes:
 - Colonia Ceibo
 - Fortín Caballero
 - Tte. Esteban Martínez
2. Departamento de Boquerón:
 - Fortín Gral. Díaz
 - Pozo Hondo
 - Dr. Pedro P. Peña
 - Infante Rivarola
3. Departamento de Alto Paraguay:
 - Colonia Sierra León
 - Lagerenza

Para Lagerenza y alrededores existe un proyecto de electrificación aislado mediante una planta térmica a gas natural proveniente de la zona de Gabino Mendoza, cuyos yacimientos se encuentran actualmente todavía en la etapa de exploración.

Otra posible aplicación sería la alimentación de la red en puntos de fin de línea, donde hay actualmente problemas de estabilidad de la red, sobre todo en horas de punta del consumo eléctrico. Para este fin la ANDE cuenta en la Ciudad de Pedro Juan Caballero, capital del Departamento de Amambay, una planta térmica a diesel, que podría ser sustituida por una planta de biomasa.

De las aproximadamente 40,000 viviendas rurales, que se estima que actualmente no cuentan todavía con energía eléctrica en Paraguay, aproximadamente la mitad se encuentran en comunidades indígenas. En la región del Chaco son unas 9,000 viviendas rurales sin electricidad, de las cuales unas 6,500 serían de indígenas. Restando de estas 9,000 viviendas 1,000, que podrían ser conectadas en los próximos años a la red de ANDE o ser abastecidas mediante sistemas de gasificación de biomasa, quedarían en el Chaco unas 8,000 viviendas, que podrán ser electrificadas mediante sistemas de energía fotovoltaica (microrredes para los núcleos concentrados, y equipos individuales para aquellos usuarios más dispersos).

Para la región Oriental es más difícil realizar una estimación, puesto que hay todavía un cierto potencial de extensión de la red. De las aproximadamente 31,000 viviendas rurales actualmente sin electricidad en esa parte del país, de las cuales casi la mitad sería de indígenas, estimamos, que unos 20,000 podrían ser electrificadas mediante tecnología fotovoltaica a un costo inferior al que representaría la extensión de red.

Habría entonces para todo el país un potencial de unos 28,000 viviendas a ser electrificadas mediante la energía solar fotovoltaica.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ANDE: Memoria Anual 2003, 2004, 2005, 2006
- Arranz-Piera, P.: D13-1 Herramienta para la Planificación de la Electrificación Rural Descentralizada - Parte 1 Diseño de Programas. Proyecto CRECER CON ENERGÍA, DOSBE. Comisión Europea 2008.
- BID: Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural, 2008
- DGEEC: Atlas Censal del Paraguay, censo 2002
- DGEEC: Resultados Finales Censo Nacional de Población y Viviendas. Año 2002
- DGEEC: EPH 2006
- Egido, M.A.: D5.2 Final Support Guidebook: Parte 1 Estándares y Protocolos Técnicos. Proyecto DOSBE. Comisión Europea, 2008.
- European Commission/Von Horoch Consultores: Country Study: Paraguay, Informe País – Evaluación, APPLIMAR Project, 1998
- IICA: El estado del arte de los agrocombustibles en el Paraguay, 2007
- INTN: El Recurso Eólico en Paraguay, 1997
- INTN: Estimación de la Distribución de la Radiación Solar global en la República del Paraguay, 1994
- Mattio: Proyecto Energización de Centros Comunitarios Rurales OEA/SEDI/AICD/AE N° 071/01, Evaluación actualizada del Recurso disponible, Evaluación de las Posibilidades del Recurso eólico en la Región para aportar a un Sistema híbrido, 2003
- Mautner Markhoff Consulting” en el año 2007 (Markhoff, 2007)
- MOPC/GEF/PNUD/Jahns: Energía Renovable para la Electrificación Rural Descentralizada, Proyecto PAR/00/G41, 2002
- Moragues: Proyecto Energización de Centros Comunitarios Rurales OEA/SEDI/AICD/AE N° 071/01, Actualización y Mejoramiento de Información del Recurso Solar en la República del Paraguay, 2003
- NASA: Surface Meteorology and Solar Energy; <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>: datos y mapas sobre radiación solar global media y velocidad de viento media
- OLADE/University of Calgary/CIDA/Pulfer: Diagnóstico del sector energético en el área rural del Paraguay, 2005
- Presidencia de la República, Secretaría Técnica de Planificación: Plan Estratégico del Sector Energético de la República del Paraguay (2004-2013)